

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA

Michelle da Conceição Bellei

Avaliação do preparo de canais mesiais curvos por diferentes sistemas de instrumento único: estudo por microtomografia computadorizada

Juiz de Fora
2021

Michelle da Conceição Bellei

Avaliação do preparo de canais mesiais curvos por diferentes sistemas de instrumento único: estudo por microtomografia computadorizada

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Área de concentração em Clínica Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Celso Neiva Campos

Juiz de Fora

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Bellei, Michelle da Conceição.

Avaliação do preparo de canais mesiais curvos por diferentes sistemas de instrumento único : estudo por microtomografia computadorizada / Michelle da Conceição Bellei. -- 2021. 80 f.

Orientador: Celso Neiva Campos

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, 2021.

1. Endodontia. 2. Canal radicular. 3. Microtomografia por Raio-X. I. Campos, Celso Neiva, orient. II. Título.

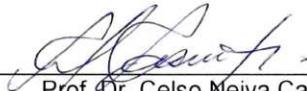
Michelle da Conceição Bellei

Avaliação do preparo de canais mesiais curvos por diferentes sistemas de instrumento único: estudo por microtomografia computadorizada

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica. Área de concentração em Clínica Odontológica.

Aprovada em: 25/02/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Celso Neiva Campos
Faculdade de Odontologia – UFJF



Prof. Dr. Leandro Marques de Resende
Faculdade de Odontologia – UFJF



Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos D'Addazio
Faculdade de Ciências Médicas de Juiz de Fora - SUPREMA

Este trabalho é dedicado ao meu grande amigo e pai Galeno, meu porto seguro e incentivador. Obrigada pelo exemplo de caráter, pelos ensinamentos e irrestrito apoio por toda a vida!!!

À minha amada mãe, exemplo de força e determinação. Eterna saudade!

Meu amado filho Lucas, que desde sua vida intrauterina sempre foi minha mola propulsora. Aquele que me faz sentir coragem para superar os desafios da vida!!! Todas as minhas conquistas ofereço a você, pois quero que sinta orgulho da sua mãe...

Amo vocês eternamente!

AGRADECIMENTOS

Ao pai de todos nós! Deus, obrigada por guiar meus passos, me protegendo, abrindo portas e me dando forças necessárias para nunca desistir...

Um sonho que se realiza... Só tenho a agradecer!!!

Meu coração se enche de gratidão às pessoas que estiveram comigo nessa trajetória...

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos... Obrigada por serem presentes, trazendo descontração e leveza na minha vida.

Ao meu companheiro Tedson, que esteve comigo literalmente participando dessa etapa da minha vida, me estimulando, elogiando, me fazendo sentir capaz a cada sentimento de derrota que eu vivenciava... Obrigada pela paciência e por sonhar junto comigo.

Ao Professor Doutor Celso Neiva Campos, meu orientador, minha referência na Endodontia, exemplo de mestre, de ser humano ao qual tanto admiro, estando presente nos meus primeiros ensinamentos da especialidade, sempre acreditando no meu potencial e me ajudando a evoluir na profissão que tanto amo... A você, minha eterna gratidão!

À minha colega de profissão, Carolina Oliveira... Que participou de cada etapa dessa pesquisa, colocando toda sua competência e conhecimento para enriquecer este estudo.

À minha sócia, Thaís Bittencourt, que sempre foi meu alicerce e referência profissional... Obrigada por me permitir abdicar da nossa empresa para mergulhar no mestrado.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.”
(Leonardo da Vinci).

RESUMO

Este estudo, por meio de microtomografia computadorizada, avaliou a eficácia de três diferentes instrumentos endodônticos de uso único, quanto ao preparo de canais mesiais curvos de primeiros molares inferiores. Um total de 27 dentes foram distribuídos em três grupos ($n = 9$), segundo o sistema utilizado na instrumentação: Reciproc® (G1), Reciproc Blue® (G2) e XP-endo Shaper® (G3). Os dentes foram escaneados por micro-CT, antes e após o preparo, para análise da variação do volume e área de superfície, transporte apical e centralização do preparo, e porcentagem de paredes não tocadas. A porcentagem de paredes não tocadas por toda a extensão do canal radicular resultou em uma média semelhante entre os grupos Reciproc e Reciproc Blue (70,75 e 70,24% respectivamente; $p > 0,05$) e estatisticamente diferentes quando esses grupos foram comparados ao grupo XP-endo Shaper (40,83%), com níveis de significância de $p = 0,0298$ e $p = 0,0315$, respectivamente. No terço apical (5 mm), menos paredes foram tocadas pelos grupos Reciproc (53,07%) e Reciproc Blue (59,79%) quando comparados ao grupo XP-endo Shaper (21,06%) ($p = 0,0282$ e $p = 0,0096$, respectivamente). Os aumentos de área foram de 40,92% (Reciproc), 41,65% (Reciproc Blue), não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos ($p > 0,05$); mas o grupo XP-endo Shaper apresentou, em média, uma área aumentada de 18,74%, demonstrando diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos Reciproc e Reciproc Blue. No terço apical houve aumento da área de 24,96% no grupo Reciproc, de 40,27% no Reciproc Blue, e de 12,05% no grupo XP-endo Shaper, havendo diferença estatisticamente significativa entre os grupos XP-endo Shaper e Reciproc Blue ($p = 0,0089$). Houve aumento do volume em toda a extensão do canal de 35,14% para o grupo Reciproc, 35,01% para o Reciproc Blue, e 21,10% para o XP-endo Shaper, sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). No terço apical, os aumentos de volumes foram de 23,76%, 33,69% e 29,28% para os grupos Reciproc, Reciproc Blue e XP-endo Shaper, respectivamente, sem diferença estatisticamente significante ($p > 0,05$). Concluiu-se que os três sistemas produziram aumento de volume semelhantes. Entretanto, o sistema XP-endo Shaper® produziu um menor aumento de área e tocou uma porcentagem maior de paredes do que os sistemas Reciproc® e Reciproc Blue®.

Palavras-chave: Endodontia. Canal Radicular. Microtomografia por Raio-X.

ABSTRACT

This study, using computerized microtomography, evaluated the effectiveness of three different single-use endodontic instruments, regarding the preparation of curved mesial channels of lower first molars. A total of 27 teeth were distributed in three groups (n = 9), according to the system used in the instrumentation: Reciproc® (G1), Reciproc Blue® (G2) and XP-endo Shaper® (G3). The teeth were scanned by micro-CT, before and after preparation, to analyze the variation in volume and surface area, apical transport and centralization of preparation and the percentage of untouched walls. The percentage of untouched walls along the entire root canal resulted in a similar average between the Reciproc and Reciproc Blue groups (70.75 and 70.24% respectively; $p > 0.05$) and statistically different when these groups were compared to the XP-endo Shaper group (40.83%), with significance levels of $p = 0.0298$ and $p = 0.0315$, respectively. In the apical third (5 mm), fewer walls were touched by the Reciproc (53.07%) and Reciproc Blue (59.79%) groups when compared to the XP-endo Shaper group (21.06%) ($p = 0.0282$ and $p = 0.0096$, respectively). The increases in area were 40.92% (Reciproc), 41.65% (Reciproc Blue) with no statistically significant differences between the two groups ($p > 0.05$); but the XP-endo Shaper group showed an average area increased by 18.74%, showing a statistically significant difference ($p < 0.05$) in relation to the Reciproc and Reciproc Blue groups. In the apical third, there was an increase in the area of 24.96% in the Reciproc group, 40.27% in Reciproc Blue, and 12.05% in the XP-endo Shaper group; with a statistically significant difference between the XP-endo Shaper and Reciproc Blue groups ($p = 0.0089$). There was an increase in volume over the entire length of the canal of 35.14% for the Reciproc group, 35.01% for the Reciproc Blue, and 21.10% for the XP-endo Shaper, without statistically significant differences ($p > 0, 05$). In the apical third, the volume increases were 23.76%, 33.69 and 29.28 for the Reciproc, Reciproc Blue and XP-endo Shaper groups, respectively, without statistical significance ($p > 0.05$). It was concluded that the three systems produced similar volume increase. However, the XP-endo Shaper® system produced a greater area increase and touched a greater percentage of walls than the Reciproc® and Reciproc Blue® systems.

Keywords: Endodontic. Dental Pulp Cavity. X-Ray Microtomography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Semelhança dos dentes nos grupos analisados.....	42
Figura 1 - Distribuição dos instrumentos nos grupos.....	43
Figura 2 - Inclusão das amostras em base de resina epóxi.....	44
Figura 3 - Determinação do CT.....	44
Figura 4 - Limas PathFile™ (#.13, #.16 e #.19) utilizadas para o <i>glide path</i>	45
Figura 5 - Aparato confeccionado para realização da instrumentação.....	46
Figura 6 - Escaneamento no micro-CT.....	48
Gráfico 2 - Percentual de paredes não tocadas, por grupo e região do canal.....	51
Figura 7 - Canais com paredes não tocadas (verde) pelos instrumentos analisados.....	52
Gráfico 3 - Percentual de aumento da área, por grupo e região do canal.....	53
Gráfico 4 - Percentual de aumento do volume, por grupo e região do canal.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média (\pm) do transporte apical e da centralização do preparo.....	55
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético
2D	Bidimensional
CT	Comprimento de trabalho
CNS	Conselho Nacional de Saúde
EMF	Efeito memória de forma
G	Gauge
L/h	Litro por hora
µm	Micrometro
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
micro-CT	Microtomografia computadorizada
mA	Miliampère
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mm ³	Milímetros cúbicos
mm ²	Milímetros quadrados
ms	Milissegundos
N	Newton
N.cm	Newton centímetros
nº.	Número
PQM	Preparo quimiomecânico
PCR	<i>Polymerase chain reaction</i>
kV	Quilowatts
rpm	Rotação por minuto
SMI	<i>Structure model index</i>
TCFC	Tomografia computadorizada de feixe cônico
3D	Tridimensional

LISTA DE SÍMBOLOS

Ni-Ti	Níquel-Titânio
®	Marca registrada
°C	Graus Celsius
°	Graus
#	Diâmetro
TM	<i>Trademark</i>
=	Igual
+	Mais
%	Percentual
<	Menor que
>	Maior que
NaOCl	Hipoclorito de sódio
≅	Aproximadamente
±	Desvio-padrão (mais ou menos)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS EM SISTEMA ALTERNADO E ROTATÓRIO	17
2.1.1 Sistema Reciproc®	19
2.1.2 Sistema Reciproc Blue®	21
2.1.3 Sistema XP-endo Shaper®	21
2.2 <i>GLIDE PATH</i> NO PREPARO DE CANAIS RADICULARES CURVOS	22
2.2.1 <i>Glide path</i> com as limas PathFile™	24
2.3 USO DA MICROTOMOGRÁFIA COMPUTADORIZADA NA AVALIAÇÃO DO PQM DE CANAIS RADICULARES	27
2.4 ESTUDOS CORRELATOS	29
3 PROPOSIÇÃO	40
3 MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1 TIPO DE ESTUDO	41
3.2 ASPECTOS ÉTICOS	41
3.3 SELEÇÃO DA AMOSTRA E DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS	41
3.4 PREPARO DA AMOSTRA	43
3.5 CUBA TÉRMICA PARA INSTRUMENTAÇÃO DOS CANAIS.....	45
3.6 PREPARO DOS CANAIS RADICULARES.....	46
3.6.1 Reciproc®	47
3.6.2 Reciproc Blue®	47
3.6.3 XP-endo Shaper®	47
3.6.4 Irrigação	48
3.7 ANÁLISE POR MICRO-CT	48
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA	50
5 RESULTADOS	51
5.1 PAREDES NÃO TOCADAS	51
5.2 ÁREA	52
5.3 VOLUME.....	53
5.4 TRANSPORTE APICAL E CENTRALIZAÇÃO DO PREPARO.....	54

6 DISCUSSÃO.....	56
7 CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISAS COM SERES HUMANOS DA UFJF	66
APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO	69

1 INTRODUÇÃO

A Endodontia, a exemplo das demais ciências, passou por transformações nos últimos tempos, relacionadas aos seus aspectos tecnológicos, que se fazem perceptíveis e têm o objetivo de acréscimo qualitativo nos procedimentos endodônticos. Como exemplo, ressalta-se o advento da instrumentação rotatória dos canais radiculares, com o uso de instrumentos de Níquel-Titânio (Ni-Ti), que são mais flexíveis, possuem efeito memória de forma (EMF) e são mais resistentes à torção que aqueles de aço inoxidável (BÜRKLEIN; SCHÄFER, 2012; DHINGRA; NEETIKA, 2014; GAMBARINI et al., 2019; USLU et al., 2018).

Com o advento do Ni-Ti surgiram novos instrumentos que, em razão de sua flexibilidade e resistência à torção, tornaram possíveis seu emprego em movimento de rotação contínua (DHINGRA; NEETIKA, 2014; GAO et al., 2012), reduzindo-se o tempo de trabalho e fadiga do operador (MORTMAN, 2011) e o risco de acidentes operatórios (BÜRKLEIN; SCHÄFER, 2012; GAMBARINI et al., 2019; VERSIANI et al., 2008).

Neste sentido foram desenvolvidos instrumentos com variadas conformações geométricas (GAO et al., 2012; USLU et al., 2018). No entanto, a maior rigidez dos instrumentos de acabamento, em razão de sua maior conicidade, limitava seu emprego em raízes curvas e achatadas, aumentando o risco de fratura e perfuração (ALMEIDA et al., 2019; LACERDA et al., 2017; PÉREZ et al., 2018; SIQUEIRA JÚNIOR et al., 2018). Para superar essas limitações, a secção transversal dos instrumentos mais cônicos e o ângulo de transição entre a ponta e a parte ativa foram alterados (VERSIANI et al., 2018).

Ainda foram propostas técnicas de conformação que utilizam um instrumento, em movimento de rotação recíproca (AKSOY et al., 2019; BERUTTI et al., 2012; PACHECO-YANES et al., 2019; PLOTINO et al., 2012; VERSIANI et al., 2018; YARED, 2008, 2012), o qual se assemelha à movimentação feita pela instrumentação manual preconizada por Roane Sabala e Duncanson Jr. (1985).

O movimento denominado recíprocante foi desenvolvido para aumentar a centralização do preparo do canal radicular, bem como reduzir o risco de deformação, pois ocorre o alívio das tensões torcionais e flexurais (DHINGRA; NAGAR; SAPPRA, 2015; MACHADO et al., 2012; PLOTINO et al., 2012; USLU et al., 2018). A dinâmica desse movimento consiste em rotação no sentido anti-horário (direção de corte),

seguida de uma rotação menos ampla no sentido horário (direção de liberação do instrumento), permitindo o avanço contínuo e progressivo em direção apical (YARED, 2008).

Na sequência da evolução dos materiais, dentro do Ni-Ti houve uma tentativa da sua otimização, surgindo novas ligas como o *M-Wire*. Essa nova liga apresenta uma superelasticidade incomparável e uma elevadíssima resistência à fadiga motivando o aparecimento de novos sistemas de instrumentação mecanizada (GAMBARINI et al., 2019; SHEN 2013a,b; USLU et al., 2018).

É nesse sentido que foi lançado, em 2011, o sistema Reciproc[®], que possui movimentação recíprocante e é utilizada com um único instrumento (GUIMARÃES JÚNIOR, 2013; PLOTINO et al., 2012; USLU et al., 2018; YE; GAO, 2012). Esse instrumento é disponibilizado pré-esterilizado, em embalagem blister, e foi criado com o objetivo de consistir em forma mais simples e segura para preparar, com êxito, endodonticamente um canal radicular, e, cumprindo com os requisitos de alta qualidade (AMADO et al., 2012; VDW, 2012).

Por sua vez, o sistema Reciproc Blue[®] apresenta características de *design* semelhantes ao Reciproc[®], com uma seção transversal horizontal em forma de “S” e duas arestas de corte, mas a estrutura do instrumento foi aprimorada com um novo tratamento térmico para torná-lo mais flexível (DE-DEUS et al., 2017; GÜNDOĞAR; ÖZYÜREK, 2017; USLU et al., 2018). Este novo processo de tratamento térmico dá uma cor azul ao instrumento (GÜNDOĞAR; ÖZYÜREK, 2017; USLU et al., 2018).

Recentemente, a empresa FKG Dentaire SA (LaChaux-deFonds, Suíça) lançou o instrumento XP-endo Shaper, com acionamento mecanizado em rotação contínua e proposta de promover modelagem ao canal radicular no preparo quimiomecânico (PQM). Este possui propriedades de superelasticidade e memória de forma, devido à presença da liga *M-Wire* na composição. Tais propriedades conferem a este instrumento a capacidade de reagir a variações de temperatura e adquirir uma forma helicoidal pré-determinada no interior dos canais radiculares a partir de 35°C, permitindo, assim, que com instrumento único de #.01 se alcance um preparo equivalente a #.04 (FKG, 2016).

O conhecimento sobre os efeitos de modelagem dos instrumentos de Ni-Ti *M-Wire* é importante para a seleção do instrumento e técnica apropriados quando da instrumentação endodôntica de canais radiculares (JARDINE et al., 2016), o que tem

justificado a realização de pesquisas com essa temática, principalmente quando se analisam instrumentos cuja literatura ainda apresenta pouca informação comparativa.

Assim, este trabalho tem como objetivo comparar, por microtomografia computadorizada (micro-CT), a eficácia de três diferentes instrumentos endodônticos (Reciproc[®], Reciproc Blue[®] e XP-endo Shaper[®]) quanto ao preparo de canais mesiais curvos de primeiros molares humanos inferiores extraídos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS EM SISTEMA ALTERNADO E ROTATÓRIO

Em 2008, Yared propôs uma técnica de instrumentação utilizando uma única lima de Ni-Ti, com a finalidade de reduzir o número de instrumentos rotatórios necessários para o preparo do canal radicular, simplificar a técnica e, conseqüentemente, reduzir o custo operacional para a realização do tratamento endodôntico. Uma única lima F2 ProTaper® foi utilizada, em movimento recíproco, após patência manual com uma lima #.08. Este foi o primeiro trabalho realizado com instrumento único. Algumas limitações foram também observadas: a necessidade de utilização prévia de uma lima manual de patência, e o risco de fratura por fadiga cíclica. De acordo com o autor, a dinâmica de movimento dos instrumentos reciprocantes, baseada no movimento alternado de Roane Sabala e Duncanson Jr. (1985), consiste basicamente na rotação no sentido anti-horário (direção de corte) seguida de uma rotação menos ampla no sentido horário (direção de liberação do instrumento), favorecendo sua movimentação de forma contínua e progressiva em direção apical. Acredita-se que esse movimento poderia, teoricamente, eliminar os riscos de fratura por torção, uma vez que o instrumento não estaria mais sujeito aos níveis de estresse causados pelo movimento rotatório contínuo.

Limongi et al. (2009) relataram que, clinicamente, os instrumentos de movimentação alternada têm apresentado resultados satisfatórios, contribuindo para a melhoria do trabalho do profissional, e para o preparo do canal radicular com rapidez e eficiência, constituindo-se em auxiliares de grande valor do tratamento endodôntico.

Conforme descrito por De-Deus et al. (2010), o movimento recíprocante diminui o estresse da lima pelo movimento especial *counter-clockwise* (ação de corte no sentido anti-horário) e *clockwise* (liberação do instrumento no sentido horário). Esse tipo de movimento reduz o risco de fadiga cíclica.

Segundo Gutmann e Gao (2012), as limas de movimento alternado são fabricadas a partir de Ni-Ti especial contendo em sua composição química a liga *M-Wire*, desenvolvida por meio de um inovado processo de tratamento térmico que permite a confecção do preparo do canal radicular apenas com um único instrumento. De acordo com os fabricantes, são recomendadas para serem utilizadas em uso único.

Para Plotino et al. (2012), o objetivo principal dos movimentos alternados é minimizar o risco de fratura causado pelo estresse torcional do instrumento. O ângulo de rotação no sentido anti-horário é designado para ser menor do que o limite elástico do instrumento. Por outro lado, esses instrumentos completam uma rotação de 360° com vários ciclos de movimentos alternados. Os valores da rotação no sentido horário e anti-horário são diferentes. O ângulo maior de rotação (sentido anti-horário) determina o avanço dos instrumentos para o interior do canal radicular e desempenho de corte da dentina, enquanto que o ângulo menor corta (sentido horário) na direção oposta ao ângulo maior, permitindo que a lima realize um trajeto seguro no interior do canal radicular, reduzindo o efeito de parafusamento e redução de fratura da lima.

De acordo com Ye e Gao (2012), em 2011, dois importantes sistemas de limas de “uso único” foram lançados no mercado internacional: WaveOne™ e Reciproc®. Trata-se de instrumentos rotatórios fabricados com uma nova liga de NiTi (*M-Wire*), que têm demonstrado um aumento na resistência à fadiga cíclica e melhores propriedades mecânicas, tornando mais segura sua utilização na rotina clínica.

Na opinião de Guimarães Júnior (2013), o lançamento dos sistemas Reciproc® e WaveOne™ reemergiu o conceito de movimento oscilatório ou recíproco, como opção extremamente interessante para o preparo dos canais radiculares. Para o autor, o movimento recíproco consiste em uma ótima alternativa para a prevenção de erros durante o preparo dos canais radiculares. Entretanto, independentemente do sistema reciprocante utilizado, deve-se ter o perfeito domínio do passo a passo dos procedimentos, além do conhecimento detalhado da anatomia interna dos dentes e das características dos instrumentos.

Para Gambarini e Glassman (2014), o conceito de utilização de único instrumento de Ni-Ti (*M-Wire*) para preparar o canal radicular foi possível devido ao fato de que um movimento oscilatório pode aumentar resistência à fadiga cíclica quando em comparação com os de rotação contínua. Como o instrumento gira em uma direção para cortar (ângulo maior) e retorna-se acoplado para dentro do canal radicular, na direção oposta (ângulo menor) e tensões são, portanto, reduzidas. Seguindo esses conceitos, os instrumentos Reciproc® e WaveOne™, que usam motores especialmente desenvolvidos que produzem movimentos oscilatórios (aproximadamente ângulos entre 150-30°). Essa redução de tensão na instrumentação (torção e tensão de flexão) é a principal vantagem do movimento oscilatório. Uma das vantagens do movimento oscilatório é uma melhor manutenção

da trajetória original do canal radicular, sobretudo relacionada a menor estresse de instrumentação e, conseqüentemente, o seu retorno elástico. No entanto, enfatizaram que o movimento oscilatório não afeta a rigidez inerente dos instrumentos. Se um instrumento de Ni-Ti for bastante rígido de maior diâmetro é um pouco forçado em um canal radicular curvo, ele irá criar mais transporte do canal radicular do que um mais flexível. Além disso, o *design* da ponta pode influenciar intensamente o transporte do canal radicular, com uma ponta de corte e ser mais arriscado do que uma ponta piloto não cortante.

Conforme descrito por Silva et al. (2018), o instrumento XP-endo Shaper® consiste em um instrumento rotatório em “forma de cobra” feito de uma liga exclusiva (*M-Wire*). Por causa desta nova liga, a lima muda sua forma de acordo com a temperatura. Quando resfriado, em sua fase martensítica, a mesma fica em linha reta com um tamanho #.30 e diâmetro inicial de #.01. No entanto, quando submetido à temperatura corporal, muda para a sua fase austenítica, assumindo a “forma de cobra” podendo atingir uma preparação mínima final do canal radicular de #.30/#.04 ao usar apenas este instrumento. De acordo com o fabricante, o instrumento aplica estímulo mínimo às paredes dentinárias, adaptando-se facilmente às irregularidades do canal radicular.

2.1.1 Sistema Reciproc®

Conforme descrito por Yared (2012), o sistema Reciproc trata-se de uma técnica diferente, por não utilizar lima manual previamente às limas rotatórias, não se fazendo necessário um *glide path* antes da introdução do sistema. Apenas um único instrumento é necessário para preparar e modelar o canal radicular, mesmo em canais atresiadados ou curvos. Os instrumentos são fabricados a partir de uma nova liga metálica denominada *M-Wire*, que proporciona uma maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica que as tradicionais ligas de NiTi. Eles apresentam uma secção transversal em forma de “S”, incluindo três limas com diferentes tamanhos e conicidades (R25, R40 e R50): R25 (0,25 mm de diâmetro e taper .08. Diâmetro em D16 = 1,05 mm); R40 (0,40 mm de diâmetro e taper .06. Diâmetro em D16 = 1,10 mm), e; R50 (0,50 mm de diâmetro e taper .05. Diâmetro em D16 = 1,17 mm). O sistema conta ainda com um motor específico (VDW Silver® Reciproc®), pontas de papel absorvente e cones de guta percha com as dimensões das respectivas limas.

O movimento do motor é recíproco (oscilatório), com ângulos diferentes de rotação nos sentidos horário e anti-horário. Quando o instrumento é movimentado no sentido de corte de suas espiras, ele avança apicalmente, cortando dentina. Com o movimento contrário, ele se desprende da dentina, recuando do sentido apical. Entretanto, o ângulo do movimento no sentido de corte é maior que o ângulo do movimento no sentido contrário. Assim, verifica-se um avanço automático do instrumento através do canal radicular ao fim de cada ciclo de “vai e volta”, sendo necessária uma mínima pressão no sentido apical. O motor apresenta programações específicas para cada instrumento, com diferenças nos ângulos de movimento e na velocidade. O ângulo do movimento no sentido de corte é sempre menor que o limite de elasticidade da lima, minimizando o risco de fratura do instrumento. O instrumento selecionado deve ser introduzido no canal radicular, acionado a motor em programação específica, com cuidadoso movimento de “entrada e saída”, sem que o mesmo seja completamente retirado do canal radicular. A amplitude desse movimento de “entrada e saída” não deverá exceder 3 a 4 mm. Com a aplicação de mínima pressão, o instrumento avança no sentido apical. Após três ciclos de “entrada e saída” ou ao encontrar algum tipo de resistência, o instrumento deve ser removido e o canal radicular abundantemente lavado. Uma lima manual #.10 ou #.15 pode ser utilizada para checar a patência dos 2/3 pré-estabelecidos. Essa sequência é repetida até que o sistema alcance os 2/3 inicialmente previstos. Com o auxílio de lima manual #.10 ou #.15 e de um localizador foraminal, faz-se a odontometria, e o comprimento de trabalho (CT) é estabelecido. Depois, da mesma maneira completa-se a instrumentação do terço apical. O autor destaca ainda que, em casos de curvatura gradual da raiz, o Reciproc® pode ser utilizado com segurança após patência com instrumento manual #.10. Entretanto, seu uso é contraindicado em casos de curvatura acentuada (dilaceração) da raiz, e a ampliação da porção apical deverá ser concluída com a utilização de limas manuais. Além disso, nas situações em que se necessita de uma maior ampliação do terço apical (acima de #.50), esta deve ser realizada também com limas manuais.

Segundo Amado et al. (2012), a técnica para preparação do canal radicular com o sistema Reciproc® é bem simples, pois, na maioria dos canais, apenas uma lima é usada para completar a preparação do canal radicular, sem necessidade de lima digital. Entretanto, é necessário seguir o protocolo básico de preparação do dente, ainda que sem necessidade do uso de broca Gates. Os instrumentos estão

prontos para o uso, pois são pré-esterilizados em embalagens blister e devem ser descartados após o uso.

Conforme descrito por Machado et al. (2012), o sistema Reciproc® possui uma secção fixa em forma de “S” em todo seu eixo, e sua conicidade também é fixa somente nos 3 mm iniciais, passando a diminuí-la em direção ao cabo do instrumento. As limas também estão disponíveis em três diâmetros, as chamadas R25 com ponta #.25 e conicidade inicial #.08, R40 com ponta #40 e conicidade inicial #.06, e R50 com ponta #50 e conicidade inicial #.05. A seleção da lima para cada caso se baseia pelo aspecto radiográfico, onde canais radiculares que não são facilmente visualizados nas imagens periapicais referenciam-se à lima R25, canais radiculares nítidos indicam a R40, e aqueles mais amplos apontam para a R50.

2.1.2 Sistema Reciproc Blue®

A Reciproc blue (VDW GmbH, Munique, Alemanha), um instrumento de NiTi tratado termicamente, é uma variante aprimorada do Reciproc® original. Possui uma maior resistência à fadiga cíclica e uma maior flexibilidade (VDW GMBH, 2012, 2017).

Yared (2017) descreveu o uso da série *blue* Reciproc® de instrumentos para a preparação do canal radicular em qualquer instrumentação prévia e sem um *glide path*. É necessário apenas um instrumento para aumentar a maior parte dos canais para um tamanho e um contato adequados, independentemente do tamanho do canal radicular, do grau de curvatura ou da calcificação do canal radicular.

O sistema Reciproc® *blue* inclui três instrumentos, semelhante à série original Reciproc: o Reciproc® *blue* 25, Reciproc® *blue* 40 e Reciproc® *blue* 50, combinando pontas de papel, cones de guta percha e obturadores de guta percha correspondentes (GuttaFusion®) (VDW GMBH, 2017).

2.1.3 Sistema XP-endo Shaper®

Com a criação da liga *M-Wire*, tem sido introduzido na Endodontia uma nova geração de instrumentos temperatura-dependentes. Frente às variações de temperatura no interior do canal radicular, devido a sua elasticidade e memória de forma, os instrumentos XP-endo Shaper® modificam seu formato inicial, expandindo-se e contraindo-se de acordo com a anatomia do canal radicular (USLU et al., 2018).

O instrumento XP-endo Shaper (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Suíça) é acionado em rotação contínua, com objetivo de promover modelagem/alargamento do canal radicular durante o PQM. Em sua composição apresenta a liga MaxWire, a qual lhe confere as propriedades de superelasticidade e EMF. Estas propriedades permitem que o instrumento reaja a variações de temperatura (transformação da fase martensítica para austenítica a partir de 35°C) adquirindo forma helicoidal, o que possibilita alcançar um preparo referente à conicidade 0,04 mm/mm (BAYRAM et al., 2017).

Os instrumentos do sistema iniciam o preparo em sua fase martensítica (M), em temperatura ambiente e, ao serem inseridos no canal radicular, são expostos à temperatura corpórea e mudam de forma devido à memória molecular da fase austenítica (A). O formato da fase “A” em rotação, permite que o instrumento alcance e limpe áreas normalmente impenetráveis com os instrumentos padrão, devido a superelasticidade, flexibilidade e capacidade de expansão dentro do canal radicular, oferecida pela liga *M-Wire* (USLU et al., 2018).

2.2 *GLIDE PATH* NO PREPARO DE CANAIS RADICULARES CURVOS

De acordo com Tan e Messer (2002), o *glide path* modela os terços cervical e médio do canal radicular, removendo grande parte das interferências cervicais que podem fornecer resistência na introdução de uma lima até o ápice, permitindo um aumento do calibre do instrumento que se ajusta na região apical, o que reflete uma menor discrepância entre o diâmetro da lima e o diâmetro anatômico.

Segundo Pécora et al. (2005), a determinação do diâmetro anatômico baseado somente na habilidade clínica para detectar o estreitamento apical por sensibilidade tátil é um método empírico e errado. Como resultado, o *glide path* do canal radicular no CT pode não garantir a remoção total da dentina infectada das paredes do canal radicular.

Schmitz et al. (2008) afirmam que, para determinar o diâmetro apical, uma ampliação da entrada do canal radicular previamente a inserção da lima é imprescindível. Quando o *glide path* não é realizado, o “travamento” da lima não ocorre no ápice, mas na região cervical, devido à deposição normal de dentina que pode estreitar ou obstruir o canal radicular nesta região.

De acordo com Berutti et al. (2011), o *glide path* do canal radicular é uma fase importante da instrumentação, pois tende a minimizar os erros processuais como transporte de canal radicular e formação de degrau. No estudo realizado pelos autores foi observado que, se o *glide path* fosse realizado previamente à instrumentação, menos movimentos de bicada seriam necessários para alcançar o CT com o instrumento único WaveOne™. O estudo sugeriu ainda que se pode reduzir o risco de instrumentação excessiva das paredes e subsequente transporte ou desvios do canal radicular.

Para Cassim e van der Vyver (2013), os instrumentos em NiTi desenvolvidos para o *glide path*, tornam a modelagem do canal radicular uma tarefa mais rápida, propiciando um menor índice de acidentes e complicações, além de contribuir na manutenção da anatomia original do canal. No entanto, destacam que apesar da eficiência desses instrumentos mecanizados no *glide path*, o papel do instrumento manual não deve ser negligenciado.

Para Iqbal, Akbar e Al-Omiri (2013), o terço apical dos canais radiculares é, sem dúvida, o mais difícil de ser preparado durante o tratamento endodôntico. Vem sendo observado na Endodontia moderna, uma evolução das técnicas de preparo biomecânico do canal radicular para uma filosofia baseada no *glide path* no sentido coroa/ápice, objetivando uma melhoria na limpeza e modelagem do terço apical.

De acordo com Lins et al. (2013), o *glide path* modela os terços cervical e médio do canal radicular, removendo grande parte das interferências cervicais que podem fornecer resistência na introdução de uma lima até o ápice, permitindo um aumento do calibre do instrumento que se ajusta na região apical, o que reflete uma menor discrepância entre os diâmetros da lima e o anatômico. Ao avaliar a influência do *glide path* na escolha das limas de patência e apical inicial, os autores observaram que o procedimento foi de grande importância na determinação mais próxima do real diâmetro do canal radicular, tanto na patência, como no CT.

De acordo com Souza Filho (2015), nos canais constrictos, o acesso ao canal radicular deve ser feito com instrumentos manuais. Os instrumentos rotatórios podem ficar presos na dentina e sofrer fratura por torção. Nesses casos, é fundamental fazer a patência do canal radicular e do forame apical antes da utilização dos instrumentos rotatórios ou reciprocantes. Os instrumentos mais finos usados com suavidade, são apropriados para “negociar a anatomia do canal radicular” e conseguir a patência do forame apical. Esse preparo inicial visa a formação de um leito no canal radicular (*glide*

path) para que os instrumentos rotatórios trabalhem com suavidade e com a ponta livre. Após a patência com a lima #.10, é importante ampliar o forame com a #15. Dessa forma, transforma-se um canal radicular atrésico em um canal radicular de amplitude média.

2.2.1 *Glide path* com as limas PathFile™

Berutti et al. (2009) compararam a curvatura do canal radicular após o *glide path* com instrumentos manuais de aço inoxidável Tipo K e com instrumentos rotatórios de Ni-Ti PathFile™ em cem canais simulados com formato de “S”. A influência da experiência do operador também foi investigada. No GI, o *glide path* foi realizado por um endodontista com PathFile™; no GII, também por um endodontista, com limas manuais tipo K #.10, #.15 e #.20; no GIII, o *glide path* foi realizado por um clínico inexperiente com PathFile™, e; no GIV, também por um clínico inexperiente, com limas manuais Tipo K. Imagens digitais pré e pós-instrumentação foram sobrepostas para avaliar os resultados com o *software Adobe PhotoShop*. Os grupos PathFile™ demonstraram significativamente menor modificação de curvatura, e o clínico inexperiente modelou de forma mais conservadora com PathFile™ do que o especialista com o *glide path* manual.

Kangarloo, Ghareviski e Nazarinasab (2012) compararam o índice de fratura dos instrumentos ProTaper® em canais artificiais, após o *glide path* com as limas PathFile™ ou limas manuais tipo K, usando canais simulados em blocos de acrílico, sendo contabilizadas as fraturas ocorridas. De acordo com os testes estatísticos, não houve diferença significativa com relação ao número de limas fraturadas. Assim, concluíram que no *glide path*, as limas rotatórias PathFile™ não foram mais eficazes que as limas manuais, com relação a incidência de fratura.

Revisando a literatura, Kubde et al. (2012) observaram que as limas PathFile™ permitem uma ampliação do canal radicular com menor ocorrência de desvios, quando comparadas às limas manuais tipo K. No entanto, ressaltaram a utilização de limas manuais tipo K #.08 e #.10 manuais, antes do uso da PathFile™, no cateterismo e *glide path* do canal radicular. No estudo realizado pelos autores, a lima PathFile™ propiciou um *glide path* rápido e seguro do canal radicular, sem a ocorrência de transporte do forame apical ou formação de degraus.

Ajuz et al. (2013) compararam a incidência de desvios ao longo do trajeto de canais artificiais com dupla curvatura, após a realização do *glide path* com diferentes instrumentos endodônticos. Para o estudo, sessenta canais artificiais em resina acrílica foram preenchidos com tinta nanquim e imagens foram obtidas antes da instrumentação, por meio de um estereomicroscópio. O experimento foi dividido em três grupos (n = 20) e o cateterismo realizado manualmente com a lima K #.08, em todos os grupos. No G1, o *glide path* foi realizado com as limas manuais K #.10, #.15 e #.20; nos grupos G2 e G3 foram utilizadas as limas do sistema rotatório PathFile™ #.13, #.16 e #.19 e Scout-RaCe® #.10, #.15 e #.20, respectivamente. Para avaliar a ocorrência de desvios, as imagens obtidas pré e pós-instrumentação foram sobrepostas e calculada a diferença do desgaste das paredes mesial e distal ao longo do canal radicular. Apesar de desvios terem sido observados em todos os grupos, as limas manuais K foram as que apresentaram os maiores índices, seguido pelas limas PathFile™ e Scout-RaCe®, respectivamente. Concluíram que os instrumentos em Ni-Ti são mais adequados para o *glide path*, pois promovem menos desvios na anatomia original do canal radicular, quando comparados aos instrumentos de aço inoxidável acionados manualmente.

Cassim e van der Vyver (2013) destacaram a importância do *glide path*, e afirmam que, quando esse procedimento é realizado anteriormente à modelagem do canal radicular, há uma melhora significativa no resultado final do preparo. Manufaturada em Ni-Ti, as limas PathFile™ foram desenvolvidas especificamente para o *glide path* do canal radicular. Possuem seção transversal reta quadrangular e conicidade crescente de 0,02 mm/mm que garante sua flexibilidade, além de apresentarem satisfatória resistência à fadiga e eficiência de corte. A ponta inativa com ângulo de 50°, reduz o risco de formação de degraus. Todavia, o fabricante sugere seu uso somente após o cateterismo manual com limas tipo K #.10 em aço inoxidável, em todo o CT.

Para Dhingra e Neetika (2014), o *glide path* é o ponto de partida das preparações dos canais radiculares. Sem ele, a limpeza e modelagem tornam-se imprevisíveis ou impossíveis, porque não existe um guia para a mecânica endodôntica. O *glide path* é essencial para a prevenção da fratura dos instrumentos rotatórios de Ni-Ti. O estabelecimento do *glide path* com instrumentos rotatórios pode aumentar a vida útil das limas rotatórias com risco reduzido de fratura das mesmas. Os instrumentos rotatórios de Ni-Ti PathFile™ foram introduzidos para o *glide path*. O

sistema é composto por três instrumentos: ponta #.13 (roxo 0,13 mm), ponta #.16 (branco 0,16 mm) e ponta #.19 (amarelo 0,19 mm). A lima PathFile™ nº.1 (0,13 mm) é introduzida no canal radicular, a 300 rpm até que o CT seja atingido (3-5 segundos). O instrumento é então removido, após cada irrigação, para remoção dos fragmentos expelidos do canal radicular. PathFile™ nº. 2 (0,16 mm) é então introduzida, e na sequência, a lima nº. 3 (0,19 mm) seguindo o mesmo protocolo da lima nº. 1.

Dhingra, Nagar e Sappra (2015) compararam vários parâmetros do canal radicular com o sistema recíprocante de uso único WaveOne™ em canais mesiais de molares inferiores com e sem glide path usando tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Cem dentes molares com curvatura do canal radicular entre 20 e 30° foram distribuídos em dois grupos (n = 50): G1 – sem *glide path* e G2 – com *glide path* usando as limas PathFile™ até o CT. Em ambos os grupos, os canais foram modelados com limas WaveOne™ *Primary* até o CT. Os canais foram digitalizados em uma unidade de TCFC antes e após a instrumentação. Mudanças pós-instrumentação na curvatura do canal radicular, área transversal, capacidade de centralização, espessura de dentina residual e na medida do transporte canal radicular foram calculados usando o *software* de análise de imagem e submetidos à análise estatística. No G1, a diferença média de curvatura do canal radicular, área transversal, capacidade centralização e espessura de dentina residual aumentou, enquanto que em G2, reduziu significativamente para o transporte do canal radicular. Ao final, concluíram que as limas WaveOne™ *Primary* surgiram para manter a anatomia original do canal radicular e a presença do *glide path* melhorou ainda mais o seu desempenho e verificaram ser benéfico para todos os parâmetros testados neste estudo.

Arias, Singh e Peters (2016) compararam o torque máximo e força induzida pelo sistema de instrumentos múltiplos de Ni-Ti PathFile™ e o recentemente desenvolvido em *M-Wire ProGlider™*, de único instrumento, durante o glide path na região mesial de canais radiculares em molares inferiores extraídos. Cada canal radicular, independente de oito raízes mesiais, foi aleatoriamente designado para alcançar uma trajetória reprodutível com um novo conjunto de PathFile™ #.1 e #.2 ou ProGlider™ após combinação com uma lima K #.10. Os testes foram executados de forma padronizada, utilizando uma plataforma de teste de torque. O torque máximo (N.cm) e força (N) foram registrados. Os dados preliminares para o torque estacionário de falha também foram obtidos e comparados com torque máximo para cada

instrumento. Os instrumentos PathFile™ #.1 e #.2 mostraram estatisticamente menor torque e força do que ProGlider™. De acordo com a ADA nº. 28/ISO 36060-1, a falha de torque máximo não foi significativamente diferente do torque durante o glide path para instrumentos ProGlider®, enquanto foi significativamente maior para PathFile™ #.1 e #.2. Eles concluíram que os instrumentos PathFile™ desenvolveram menor pico de torque e força durante o glide path em comparação com ProGlider™, que possivelmente está sujeito a um maior contato com as paredes do canal radicular, devido ao aumento de ranhuras no seu diâmetro aos níveis médio e coronal.

2.3 USO DA MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA AVALIAÇÃO DO PQM DE CANAIS RADICULARES

Moore, Fitz-Walter e Parashos (2009) avaliaram, por microtomografia computadorizada (micro-CT), as diferenças morfológicas da dentina intrarradicular de quarenta molares superiores e inferiores. Os dentes foram preparados por três diferentes técnicas: limas tipo Kerr; limas tipo Kerr + preparo apical com FlexMaster® .04 e técnica híbrida ProTaper®/FlexMaster®. As amostras foram escaneadas antes e depois do preparo dos canais e avaliadas quanto à quantidade de remoção de dentina, o transporte do canal radicular e a correlação das dimensões do preparo apical com àquelas do instrumento final usado. Os instrumentos rotatórios removeram menos quantidade de dentina e transportaram menos o canal radicular. Observaram que a grande limitação desse estudo, no entanto, foi que o diâmetro do instrumento final não foi padronizado para os três grupos, o que causou uma diferença muito grande na quantidade de volume final, o qual não pode ser comparado. A experiência do operador das diferentes técnicas também impôs limitações aos resultados.

A micro-CT também foi utilizada por Li et al. (2011) para avaliar o efeito da instrumentação manual com ProTaper® em cinco diferentes configurações de anatomias de trinta pré-molares extraídos de uma população chinesa. Os dentes foram escaneados antes e após a instrumentação e os parâmetros: valores de área da superfície do canal radicular, volume, alterações de volume, percentual de superfície não tocada, espessura da parede da dentina e espessura da dentina removida foram mensurados. Apesar dos resultados demonstrarem que os volumes dos canais e áreas de superfície aumentaram após o PQM, os modelos tridimensionais (3D) demonstraram que um elevado percentual de superfície do canal

radicular permaneceu não tocado (27,4%-83,0%). Além disso, verificaram que mudanças morfológicas diferentes nos cinco tipos de sistemas de canais radiculares instrumentados com a mesma técnica foram identificadas. Concluíram que os pré-molares estão entre os dentes mais difíceis de serem tratados endodonticamente e que as técnicas de instrumentação para os sistemas de canais radiculares de pré-molares devem ser julgadas individualmente, dependendo da configuração do canal 3D de cada dente. Mais estudos são necessários para demonstrar as diferenças feitas ao incluir variações na anatomia interna dos dentes no protocolo de estudo para investigação de várias técnicas de instrumentação.

Versiani et al. (2012), utilizando a micro-CT, estudaram o PQM de quarenta incisivos inferiores com canal oval, utilizando o sistema SAF[®] e K3. Os dentes foram escaneados antes e após o preparo, a uma resolução de 19,7 µm, para então serem avaliados quanto ao volume, área de superfície preparada e seção transversal. No terço cervical, o percentual das paredes tocadas com os instrumentos SAF[®] foi maior em comparação com os instrumentos K3 (92% e 62% respectivamente). O volume e área de superfície também foram maiores para os terços cervicais. No terço médio, embora não tenham sido observadas diferenças quanto à área ou volume entre os grupos, o sistema SAF[®] apresentou percentual significativamente maior de paredes tocadas do canal radicular (65%) do que a instrumentação rotatória (44%). Pode-se inferir que este resultado é devido principalmente à característica anatômica do canal em formato oval na região do terço médio. Apesar das diferenças no desenho das limas, foi possível notar que a preparação apical final foi idêntica para ambos os grupos, considerando parâmetros quantitativos bidimensionais (2D) ou 3D analisados. Como consequência, também não foi encontrada diferença estatística na porcentagem de paredes de canal radicular não preparadas usando instrumentos SAF[®] (15%) ou rotatórios (25%) e o preparo foi semelhante para os dois instrumentos, em todos os três quesitos avaliados.

Com o passar dos anos, a micro-CT tem sido cada vez mais utilizada nas pesquisas que avaliam o desempenho dos instrumentos endodônticos durante o preparo endodôntico, como é o caso dos estudos de Aksoy et al. (2019), Alves et al. (2016), Moore, Fitz-Walter e Parashos (2009), Lacerda et al. (2017), Li et al. (2011), Siqueira Júnior et al. (2013, 2018) e Versiani et al. (2012, 2018). Estes estudos, de forma geral, constataram a credibilidade deste método de avaliação dos canais radiculares.

2.4 ESTUDOS CORRELATOS

Bürklein e Schäfer (2012) avaliaram, *in vitro*, a quantidade de *debris* apicais usando instrumentos de Ni-Ti (Mtwo® e ProTaper®) de movimento rotatório e WaveOne™ e Reciproc® de movimento recíprocante. Foram utilizados oitenta incisivos centrais inferiores distribuídos em quatro grupos: dois instrumentados com o sistema rotatório (Mtwo® e ProTaper®) e dois com sistema de movimento recíprocante (WaveOne™ e Reciproc®). Os *debris* apicalmente extruídos foram recolhidos em frascos de vidro utilizando o método de Myers e Montgomery. Após a secagem, o peso médio dos *debris* foi avaliado com microbalança e analisado estatisticamente por análise de variância e teste *post hoc* de *Student-Newman-Keuls*. O tempo necessário para preparar os canais com os diferentes instrumentos também foi analisado. Os instrumentos recíprocantes produziram significativamente mais *debris* em comparação com ambos os sistemas rotatórios ($p < 0,05$). Embora não tenha sido obtida diferença estatisticamente significativa entre os dois instrumentos rotatórios ($p > 0,05$), o sistema recíprocante de instrumento único Reciproc® produziu significativamente mais *debris* em comparação com todos os outros instrumentos ($p < 0,05$). A instrumentação foi significativamente mais rápida usando o Reciproc do que com todos os outros instrumentos ($p < 0,05$). Concluíram que todos os sistemas causaram extrusão de *debris* apical. A instrumentação rotatória de sequência completa foi associada a menos extrusão de *debris* em comparação com o uso de sistemas recíprocantes de instrumento único.

Bürklein et al. (2012) compararam a capacidade de modelagem e eficácia de limpeza dos dois sistemas de movimento recíprocante de instrumento único: Reciproc® e WaveOne™ *versus* Mtwo® e ProTaper®, durante o preparo de canais radiculares curvos em dentes extraídos. Foram utilizados oitenta canais radiculares com curvaturas variando entre 25 e 39° distribuídos em quatro grupos de vinte canais radiculares. Com base em radiografias obtidas antes da instrumentação, os grupos foram padronizados em relação ao ângulo e raio de curvatura do canal radicular. Os canais radiculares foram preparados para os seguintes tamanhos: apicais Mtwo® #35, usando a técnica de um único comprimento; ProTaper®: F3, instrumentos foram usados na forma modificada *crown-down*; Reciproc® e WaveOne™ #25. Usando radiografias pré e pós-instrumentação, foram analisadas as curvaturas do canal

radicular, determinadas por um programa de análise de imagem computadorizada. O tempo de preparo e falhas de instrumentos também foram registrados. Estes dados foram analisados utilizando o teste ANOVA e *Student-Newman-Keuls*. Durante o preparo nenhum instrumento foi fraturado e todos os instrumentos mantiveram a curvatura do canal radicular original, sem diferenças significativas entre os instrumentos. A instrumentação com Reciproc® foi significativamente mais rápida do que os outros sistemas, enquanto WaveOne™ foi significativamente mais rápido do que Mtwo® e ProTaper®. Para remoção de *debris*, Mtwo® e Reciproc® obtiveram resultados significativamente melhores do que os outros instrumentos no terço apical dos canais radiculares. Nos terços médio e cervical, não houve diferença significativa obtida entre Mtwo®, Reciproc® e WaveOne™, enquanto que a instrumentação com ProTaper® mostrou significativamente mais deposição de *debris*. Por fim, concluíram que todos os instrumentos mantiveram a curvatura do canal radicular. O uso de instrumento Mtwo® e Reciproc® resultou na melhor limpeza do canal radicular no terço apical em comparação com ProTaper® e WaveOne™.

Em um estudo *in vitro*, Machado et al. (2012) analisaram o tempo de trabalho da instrumentação com WaveOne™ e Reciproc®. Foram utilizados vinte blocos de canais simulados curvos, que foram distribuídos em dois grupos: G1 foi instrumentado pelo sistema WaveOne™ e G2 pelo sistema Reciproc®. Para medição do tempo, dois cronômetros digitais foram utilizados: um marcou o tempo total dos três terços sem a inclusão de irrigação e exploração do canal radicular; o outro marcou o tempo total dos três terços incluindo irrigação e exploração do conduto. Os dados obtidos foram analisados utilizando os testes *Mann-Whitney*, *Kruskal-Wallis* e *Student-Newman* ($p = 0,05$). O tempo total médio da instrumentação feita com WaveOne™ sem a somatória de irrigação e exploração do canal radicular foi de 32,3 segundos, e de 23,9 segundos para o Reciproc®; já o tempo médio somando-se o procedimento de irrigação e exploração foi de respectivamente 1 minuto e 51 segundos, e 1 minuto e 10,4 segundos, havendo diferença estatisticamente significativa entre os dois sistemas de instrumentação ($p = 0,0002$) em ambas as situações (com ou sem irrigação e exploração). Em relação aos diferentes terços, a comparação entre WaveOne™ e Reciproc® mostrou diferença significativa somente no terço médio ($p = 0,0059$) e apical ($p = 0,0002$). A comparação entre os terços em cada sistema individualmente mostrou que na instrumentação com WaveOne™ não houve diferença significativa encontrada, em que a média de tempo no terço cervical foi de 10,7 segundos, 10,2 segundos no

terço médio e 11,4 segundos no terço apical. Já em relação ao Reciproc[®], o terço cervical foi diferente do terço médio ($p = 0,0006$) e do terço apical ($p = 0,0004$), porém sem diferenças significativas entre o terço médio e apical ($p = 0,9032$), os valores médios foram respectivamente de 11,2 segundos, 6,7 segundos e 6 segundos. Destacaram que, mesmo havendo diferença entre os grupos, o valor total de instrumentação com irrigação e aspiração para WaveOne[™] de 1 minuto e 51 segundos e de 1 minuto e 10,4 segundos para o Reciproc[®] parecem ser valores bem reduzidos em ambos os sistemas, levando-se em consideração que os trabalhos mostram média de 3 minutos e 51 segundos para instrumentação com Mtwo[™] em rotação contínua nas mesmas condições experimentais, confirmando a vantagem da rapidez dos preparos com uso do WaveOne[™] e do Reciproc[®]. Os autores concluíram que ambos os sistemas apresentaram ser bem rápidos na instrumentação do canal radicular, contudo o sistema Reciproc[®] foi mais rápido que o WaveOne[™].

Bürklein, Benten e Schäfer (2013) compararam a capacidade de modelagem de três diferentes sistemas de instrumentos único durante a preparação de canais radiculares curvos em dentes extraídos. Um total de oitenta canais radiculares com curvaturas variando entre 25-35° foram distribuídos em quatro grupos ($n = 20$). Com base em radiografias padronizadas realizadas antes da instrumentação, os grupos foram equilibrados em relação ao ângulo e ao raio da curvatura do canal. Os canais foram preparados para os seguintes tamanhos apicais: Mtwo[®]: #.30 usando a técnica de um único comprimento; Reciproc[®], F360[®] e One Shape[®] #.25. Usando radiografias pré e pós-instrumentação, o alinhamento das curvaturas do canal foi determinado com um programa de análise de imagem do computador. Tempo de preparação, mudanças no CT e falhas de instrumento também foram gravadas. Todos os canais foram instrumentados instrumentos em rotação permanente com uma peça de mão contra ângulo de 6:1 alimentado por motor elétrico de torque limitado (VDW Silver Reciproc). Todos os instrumentos mantiveram a curvatura do canal original sem diferenças significativas entre os sistemas dos instrumentos ($p = 0,792$). A instrumentação com Reciproc[®] e One Shape[®] foi significativamente mais rápida do que com F360[®] e Mtwo[®] ($p < 0,05$), enquanto o F360[®] foi significativamente mais rápido do que Mtwo[®] ($p < 0,05$). Não foram obtidas diferenças significativas quanto às mudanças no CT durante a instrumentação com os diferentes instrumentos ($p = 0,784$). Concluíram que todos os instrumentos respeitaram a curvatura do canal original e foram seguros na utilização. O uso dos instrumentos Reciproc[®] e One

Shape® exigiu menos tempo para preparar os canais curvos em comparação com Mtwo® e F360®.

Por meio de um estudo *ex vivo*, Siqueira Júnior et al. (2013) avaliaram o protocolo de três técnicas de instrumentação (SAF®, Reciproc® e Twisted File®) na desinfecção e modelagem de 72 canais mesiais de molares inferiores, utilizando micro-CT e contagem bacteriológica. Em todos os grupos os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio (NaOCl) 2,5%. Os canais foram contaminados com cepas de *E. faecalis* por trinta dias e em seguida randomizados de acordo com os três instrumentos. As amostras bacteriológicas foram coletadas antes e após a instrumentação dos canais e analisadas pela reação em cadeia de polimerase (*polymerase chain reaction*, PCR) e as imagens do PQM foram adquiridas também antes e após a instrumentação por meio de micro-CT. Os valores encontrados de áreas não preparadas foram 20, 33 e 25% para os instrumentos Reciproc®, SAF e Twisted File®, respectivamente. Após avaliação dos resultados verificaram que todos os protocolos de instrumentação promoveram uma redução bacteriana intracanal altamente não havendo diferença estatística entre os grupos, quanto a desinfecção ($p < 0,001$). Quanto à modelagem, não foi observada diferença estatística entre as técnicas quanto à porcentagem média de aumento de volume, aumento da área superficial, área superficial despreparada e área relativa da superfície não preparada ($p > 0,05$). A análise correlativa não mostrou relação estatisticamente significativa entre a redução bacteriana e a média percentual de aumento de paredes instrumentadas ($p > 0,05$). Todos os grupos mostraram mais áreas intocadas principalmente no istmo e no terço apical do canal. Nenhum dos sistemas de instrumentação foi capaz de preparar todas as áreas superficiais do canal radicular. Concluíram que os três sistemas de instrumentação apresentam desempenho de desinfecção e modelagem semelhantes durante a preparação de canais mesiais de molares inferiores.

Aquino et al. (2015) avaliaram e compararam a capacidade dos sistemas Reciproc® e Mtwo™ na manutenção da morfologia original de canais radiculares. Para isso, utilizaram trinta blocos padronizados de resina com canais simulados e com curvatura severa em forma de “J”. Capturaram digitalmente radiografias pré-operatórias no sentido mesiodistal e vestibulolingual. Os espécimes foram distribuídos em dois grupos ($n = 15$): G1 – canais instrumentados pelo sistema Reciproc®, e; G2 – canais instrumentados pelo sistema Mtwo®. As imagens dos espécimes

instrumentados foram capturadas novamente. As imagens pré e pós-operatórias foram comparadas e avaliadas utilizando-se o *software* Image Tools[®] por dois avaliadores calibrados, observando a presença ou ausência de desvios no sentido vestibulolingual e mesiodistal. No sentido vestibulolingual, constataram ausência de desvio em 33,3% dos espécimes de G1, e em 43,3% no G2; já no sentido mesiodistal, a ausência de desvio foi de 66,7% para G1 e 56,7% para G2. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, o que levou os autores a concluir que nenhum dos instrumentos avaliados manteve a totalidade dos preparos centralizados.

Alves et al. (2016) correlacionaram os achados da micro-CT com contagens bacteriológicas e criopulverização após a realização de técnicas de desinfecção coadjuvantes ao PQM. Foram selecionados 22 molares inferiores com raízes mesiais e distais tipo II e I de Vertucci, respectivamente. Os dentes foram contaminados com *E. faecalis*, para então serem submetidos ao PQM pelo sistema BT RaCe[™] associado a irrigação com NaOCl 2,5%. Após a instrumentação, os dentes foram randomizados em dois grupos de acordo com a etapa coadjuvante ao PQM: utilização da lima XP-endo Finisher[®]; irrigação passiva ultrassônica. Antes e após o preparo do canal, os dentes foram escaneados e amostras coletadas, para serem avaliadas por meio da reação em cadeia da polimerase e submetidas a análise do percentual de paredes não tocadas. Em seguida, os mesmos dentes foram contaminados e executados os procedimentos coadjuvantes. Amostras da região de istmo das raízes mesiais e a 5 mm apicais das raízes distais foram obtidas para realização da criopulverização. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatística entre o percentual de paredes não tocadas e a redução microbiana. Em relação a criopulverização, nenhum dos tratamentos coadjuvantes reduziu a contagem de bactérias presentes na região de istmo. Concluíram que ambas as técnicas coadjuvantes diminuíram a presença de micro-organismos, sendo que a utilização da XP-endo Finisher[®] apresentou melhores resultados. No entanto, em ambos os protocolos, a desinfecção dos istmos de molares inferiores não foi eficaz.

Lacerda et al. (2017) avaliaram a limpeza e modelagem de canais ovais após preparo com três sistemas de instrumentação (Self-adjusting File - SAF[®], TRUShape[™] e XP-endo Shaper[®]) usando correlação entre métodos analíticos. A espessura de dentina remanescente também foi avaliada, posteriormente à instrumentação com os diferentes sistemas, quanto a risco de fratura radicular. Raízes distais de molares inferiores com canais ovais e vitalidade pulpar foram inicialmente

escaneadas por micro-CT para seleção e distribuição das amostras em três grupos experimentais de acordo com o instrumento a ser avaliado: *Self-adjusting File* (SAF®), TRUShape™ e XP-endo® Shaper. Em todos os grupos, NaOCl 5,25% aquecido a 37°C foi o irrigante. Após novo escaneamento em micro-CT, as áreas não tocadas das paredes do canal foram calculadas e, em seguida, avaliadas histologicamente quanto à quantidade de remanescente pulpar nos terços radiculares. No segmento apical de 4 mm, a quantidade média de áreas intocadas após a preparação com o SAF®, TRUShape™ e XP-endo Shaper® foi de 9,85%, 15,88% e 17,77%, respectivamente. A diferença entre o SAF® e o XP-endo Shaper® foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Não houve diferenças estatisticamente significativas para as outras comparações ($p > 0,05$). Para o comprimento total do canal, a quantidade média de áreas intocadas após o preparo com SAF®, TRUShape™ e XP-endo Shaper® foi de 10,92%, 17,45% e 17,31%, respectivamente. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas ($p > 0,05$). A dentina remanescente foi mensurada na face mesial e distal e avaliada quanto ao risco de fratura radicular. Nos 4 mm apicais, SAF® apresentou valor significativamente menor de paredes não tocadas em relação ao XP-endo Shaper® ($p < 0,049$). Não foi possível verificar diferença estatística significativa em toda extensão do canal (10 mm) ($p > 0,05$). A quantidade de remanescentes pulpares não apresentou diferença significativa entre os sistemas, em nenhum dos terços avaliados. Não houve correlação significativa entre área não tocada e remanescente pulpar para os instrumentos testados. Na parede distal do terço cervical, SAF® registrou valor significativamente menor de dentina remanescente. Todos os sistemas apresentaram percentual de dentina remanescente dentro do limite considerado como seguro para fratura radicular, em todas as regiões avaliadas. Concluíram que a não correlação entre paredes não tocadas e a quantidade de remanescentes pulpares indica a eficácia do PQM com NaOCl como irrigante na eliminação de matéria orgânica sobre as paredes.

Keskin e Sarıyılmaz (2018) compararam a quantidade de debris e irrigantes extruídos apicalmente quando utilizados diferentes instrumentos de Ni-Ti para a remoção de material obturador. Utilizaram uma amostra composta por cem pré-molares mandibulares de raiz única, cujos canais radiculares foram tratados e preparados para o modelo de gel de ágar. As obturações dos canais radiculares foram removidas usando os sistemas Reciproc Blue®, ProTaper Next®, R-Endo®, WaveOne™ Gold ou instrumentação manual. Os pesos médios dos materiais

extruídos apicalmente foram calculados. Os dados foram analisados estatisticamente usando ANOVA e teste *post hoc* de *Bonferroni*. A instrumentação manual resultou em significativamente mais detritos e irrigantes do que outros sistemas ($p < 0,05$). A quantidade média de resíduos extruídos apicalmente e irrigantes produzidos pelo sistema Reciproc Blue[®] foi significativamente maior do que os demais instrumentos movidos a motor ($p < 0,05$). Nenhuma diferença significativa foi detectada entre os sistemas ProTaper Next[®] e WaveOne[™] Gold ($p > 0,05$), enquanto ambos produziram menos material apicalmente extruído que o sistema R-Endo[®] ($p < 0,05$). Concluíram que todos os instrumentos causaram extrusão apical, sendo que os sistemas ProTaper Next[®] e WaveOne[™] Gold apresentaram os melhores resultados.

Siqueira Júnior et al. (2018) analisaram a condição das paredes do canal radicular de dentes com polpas vitais ou necróticas que permaneceram intocadas após o preparo com um sistema alternativo de Ni-Ti e irrigação com NaOCl. Para isso, os achados de micro-CT revelando as áreas não preparadas foram correlacionadas com análises histológicas e microscópicas eletrônicas de varredura (MEV). As superfícies identificadas como despreparadas pela análise de micro-CT foram examinadas microscopicamente quanto à presença de polpa residual e detritos dentinários. Os canais radiculares de dez pré-molares inferiores recém-extraídos com polpas necróticas e periodontite apical, juntamente com os canais mesiovestibulares de 11 molares inferiores com polpas vitais foram preparados usando instrumentos Reciproc[®] R40 e R25, respectivamente, e irrigação com NaOCl 2,5%. As amostras foram escaneadas em micro-CT antes e depois da preparação, e as áreas não preparadas foram identificadas. A proporção de áreas não preparadas nos canais mesiovestibulares dos molares foi de 18,1% e 9,6% em todo o comprimento do canal e canal apical, respectivamente. Nos pré-molares, os valores correspondentes foram 34,6% e 17,6%, respectivamente. A análise histológica dos canais com polpas vitais revelou remanescentes de tecido nas paredes intocadas quase que exclusivamente no canal apical. A análise por MEV dos canais com polpas necróticas revelou detritos ao longo das paredes intocadas em todos os terços do canal radicular. Concluíram que as superfícies não preparadas das paredes do canal, conforme revelado pela análise de micro-CT, continham restos de tecido pulpar, detritos dentinários, especialmente na região apical. Isso indica que estratégias para melhorar os desempenhos de irrigação e modelagem devem ser incentivadas. O método

correlativo usado neste estudo tem o potencial de ser usado para uma investigação mais aprofundada da eficácia de modelagem e limpeza dos sistemas de instrumentação atuais, bem como a eficácia da irrigação.

Uslu et al. (2018) analisaram a quantidade de debris apicalmente extruídos quando utilizaram os instrumentos Reciproc Blue® (REC Blue), HyFlex EDM® (HEDM) e XP-endo Shaper® (XPS) durante o preparo do canal radicular à temperatura corporal. Para isso, sessenta pré-molares mandibulares unirradiculares extraídos foram distribuídos aleatoriamente em três grupos (n = 20). Os canais foram instrumentados usando um dos seguintes instrumentos: REC Blue, HEDM ou XPS. Os detritos com extração apical durante a instrumentação foram recolhidos em tubos Eppendorf® pré-pesados. Todos os procedimentos foram realizados a 35°C. A quantidade de detritos foi calculada subtraindo o valor do peso do aparelho sem dentes do valor do peso pós-preparo. Os dados foram analisados pelo teste de *Kruskal-Wallis*, com nível de significância de 5%. De forma geral, todos os instrumentos testados causaram a extrusão de alguns detritos do forame apical. O XPS expulsou significativamente menos detritos do que o REC Blue ($p < 0,05$). A diferença entre o grupo HEDM e os outros grupos não foi significativa ($p > 0,05$). Concluíram que, em relação à quantidade de detritos apicalmente extruídos, REC Blue apresentou os melhores resultados, seguido por HEDM e por XPS.

Versiani et al. (2018) avaliaram a capacidade de modelagem dos sistemas XP-endo Shaper®, iRaCe® e EdgeFile® no preparo de canais ovais, por meio de micro-CT. Utilizaram uma amostra composta por trinta canais ovais longos de incisivos inferiores, distribuídos em três grupos (n = 10) de acordo com o protocolo de preparo. As imagens registradas, antes e após o preparo, foram avaliadas quanto às medidas morfométricas do volume, área de superfície, índice de modelo de estrutura (*structure model index*, SMI), paredes intocadas, área, perímetro, arredondamento e diâmetro. Os dados foram comparados estatisticamente entre os grupos utilizando o teste de *Tukey* e intragrupos com o teste t de amostra pareado ($p = 5\%$). Intragrupos, o preparo aumentou significativamente todos os parâmetros testados ($p < 0,05$). Não houve diferença estatística no aumento percentual médio do volume ($\cong 52\%$) e da área da porcentagem média da área de superfície intocada (9,0%) ($p > 0,05$). O sistema XP-endo Shaper® alterou significativamente a geometria geral do canal radicular para uma forma mais cônica (SMI = 2,59) quando comparado com os outros grupos ($p < 0,05$). Após os protocolos de preparo, mudanças na área, perímetro, arredondamento e

diâmetros menor e maior dos canais radiculares nos 5 mm do ápice radicular não apresentaram diferença estatisticamente significantes entre os grupos ($p > 0,05$). Concluíram que os sistemas testados mostraram uma capacidade de modelagem semelhante e que, apesar de o XP-endo Shaper[®] ter alterado significativamente a geometria geral do canal radicular para uma forma mais cônica, nenhuma técnica foi capaz de preparar completamente os canais ovais dos incisivos inferiores.

Aksoy et al. (2019) avaliaram a frequência de microtrincas dentinárias observadas após o PQM do canal radicular com os instrumentos XP-endo Shaper[®] (XP), Reciproc Blue[®] (RB) e ProTaper Universal[®] (PTU) utilizando análise por micro-CT. Para tanto, utilizaram uma amostra composta por trinta primeiros e segundos molares mandibulares com raízes mesiais com dois canais separados com um ângulo entre 10° e 20°, os quais foram distribuídos aleatoriamente em três grupos experimentais ($n = 10$) de acordo com os diferentes sistemas de Ni-Ti. Os espécimes foram digitalizados usando imagem de micro-CT antes e depois do PQM. Para cada grupo, o número de microtrincas foi determinado como uma porcentagem. Os autores não observaram novas microtrincas dentinárias nos grupos XP e RB. Entretanto, o sistema de PTU aumentou significativamente a taxa percentual de microtrincas em comparação com amostras pré-PQM ($p < 0,05$). Concluíram que o preparo do canal radicular com os sistemas XP e RB pode não induzir a formação de novas microtrincas dentinárias nas raízes mesiais dos molares inferiores.

AlRahabi e Atta (2019) compararam as topografias de superfície e os perfis em nanoescala de instrumentos WaveOne[™] (#.25/#.08), WaveOne Gold[®] (#.25/#.07), Reciproc[®] (#.25/#.08) e Reciproc Blue[®] (#.25/#.08) de Ni-Ti intactos e após o uso. Dezesseis instrumentos foram avaliados ($n = 4$ por grupo), sendo que cada um foi usado para preparar quatro canais curvos. Um perfilador de superfície em nanoescala 3D foi utilizado para avaliar as superfícies dos instrumentos antes e após a instrumentação do canal radicular. Os dados foram analisados com análise de variância one-way usando o software SPSS 21.0, estabelecida uma significância de $p < 0,05$. Houve diferenças estatística significativas na topografia da superfície entre os instrumentos NiTi. Os instrumentos WaveOne[™] e WaveOne[™] Gold intactos tiveram os maiores valores, seguidos pelos instrumentos Reciproc[®] e Reciproc Blue[®] ($p < 0,05$). Os instrumentos WaveOne[™] e WaveOne[™] Gold usados tiveram os maiores valores, seguidos pelos instrumentos Reciproc[®] e Reciproc Blue[®] ($p < 0,05$).

Algumas indicações de microtrincas foram observadas no sistema Reciproc Blue[®] intacto, porém, de forma qualitativa, e trincas menores em instrumentos WaveOne Gold[®] também foram observadas. Os instrumentos WaveOne[™] Gold e Reciproc Blue[®] tiveram níveis significativamente mais altos de distorção da superfície após a instrumentação do canal radicular, e o WaveOne[™] exibiu o nível mais baixo de deformação da superfície. Concluíram que os instrumentos Reciproc[®] e Reciproc Blue[®] apresentam menos microtrincas, tanto em sua forma intacta, quanto após sua utilização para o preparo de quatro canais radiculares. De forma geral, o sistema Reciproc Blue[®] apresentou os melhores resultados.

Bürklein, Flüch e Schäfer (2019) compararam o preparo de canais radiculares severamente curvos usando WaveOne[™], WaveOne[™] Gold, Reciproc[®] e Reciproc Blue[®]. Para tanto, utilizaram oitenta canais radiculares de dentes humanos extraídos com ângulos de curvatura variando entre 25 e 35° e raios variando entre 3,1 e 8,5 mm, distribuídos em quatro grupos (n = 20). Todos os canais foram preparados para um tamanho apical 25, de acordo com as instruções do fabricante. Radiografias pré e pós-instrumentação foram sobrepostas e o preparo dos canais foi analisado por meio de um programa de imagem computadorizada (NIH Image 1.41[®]). O tempo de preparo e a falha do instrumento também foram registrados. Os dados foram analisados estatisticamente por meio do teste ANOVA e *Student-Newman-Keuls*. Durante o preparo nenhum instrumento foi fraturado. Todos os instrumentos mantiveram a curvatura do canal original, sem diferenças significativas entre os instrumentos ($p = 0,278$). Quanto ao tempo de preparo, não foram encontradas diferenças significativas entre os quatro instrumentos ($p > 0,05$). Os autores concluíram que os instrumentos testados respeitaram bem a curvatura do canal original, apresentando segurança para utilização clínica. O uso dos instrumentos térmico-dependentes (WaveOne Gold e Reciproc Blue) não foi associado a uma capacidade de modelagem melhorada.

Pacheco-Yanes et al. (2019) compararam o desvio (instrumentação que não segue o percurso do canal original) de três diferentes sistemas de instrumentação em diferentes níveis de canais curvos artificiais padronizados. Para isso, dividiram sessenta blocos de resina epóxi contendo canais simulados em três grupos (n = 20) de acordo com o instrumento utilizado para o PQM: Reciproc[®] (REC), Reciproc Blue[®] (REC Blue) e XP-endo Shaper[®] (XPS). Imagens digitais pré e pós-instrumentação de cada espécime foram sobrepostas pelo software Photoshop para avaliar a diferença

nos desvios. Os testes de *Kruskal-Wallis* e *Wilcoxon* não paramétricos foram aplicados para as análises intergrupos e intragrupos, respectivamente; com nível de significância de 5%. O XPS apresentou significativamente menos desvio que o REC Blue em cinco níveis ($p < 0,05$) e significativamente menos desvio em sete níveis avaliados, quando comparado com o REC ($p < 0,05$). REC Blue mostrou desvios menos significativos do que REC em quatro, dos oito níveis avaliados ($p < 0,05$). Todos os instrumentos avaliados mostraram uma quantidade significativamente maior de remoção de resina em direção à parede interna, em comparação com a parede externa da curvatura ($p < 0,001$). Concluíram que, embora o sistema XPS tenha mostrado significativamente menos desvio de canal do que o REC e o REC Blue, todos os sistemas produziram desvios a partir da anatomia do canal original.

3 PROPOSIÇÃO

A proposta deste estudo *ex vivo* foi comparar a eficácia de três diferentes sistemas endodônticos (Reciproc[®], Reciproc Blue[®] e XP-endo Shaper[®]), quanto ao preparo de canais mesiais curvos de primeiros molares inferiores, por meio de avaliação por microtomografia computadorizada, onde planejou-se:

- Mensurar as variações de volume e área nos terços apical e em todo o comprimento do canal radicular, produzidas pela instrumentação pelos diferentes sistemas;
- Quantificar a porcentagem de paredes não tocadas ao final da instrumentação pelos diferentes sistemas;
- Analisar o transporte apical e a centralização do preparo nos níveis 3, 5 e 7 mm, após a instrumentação dos canais.

A hipótese nula levantada é que os diferentes sistemas de instrumentos apresentam eficácia diferenciada no preparo de canais mesiais curvos de primeiros molares inferiores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDO

Estudo experimental *ex vivo* e *in vitro* realizado em 27 dentes primeiros molares inferiores, obtidos do Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

3.2 ASPECTOS ÉTICOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, conforme determina a Resolução nº. 466/2012 e a Norma Operacional nº. 001/2013 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora e aprovado sob o Parecer de número 1.840.821 (Anexo A).

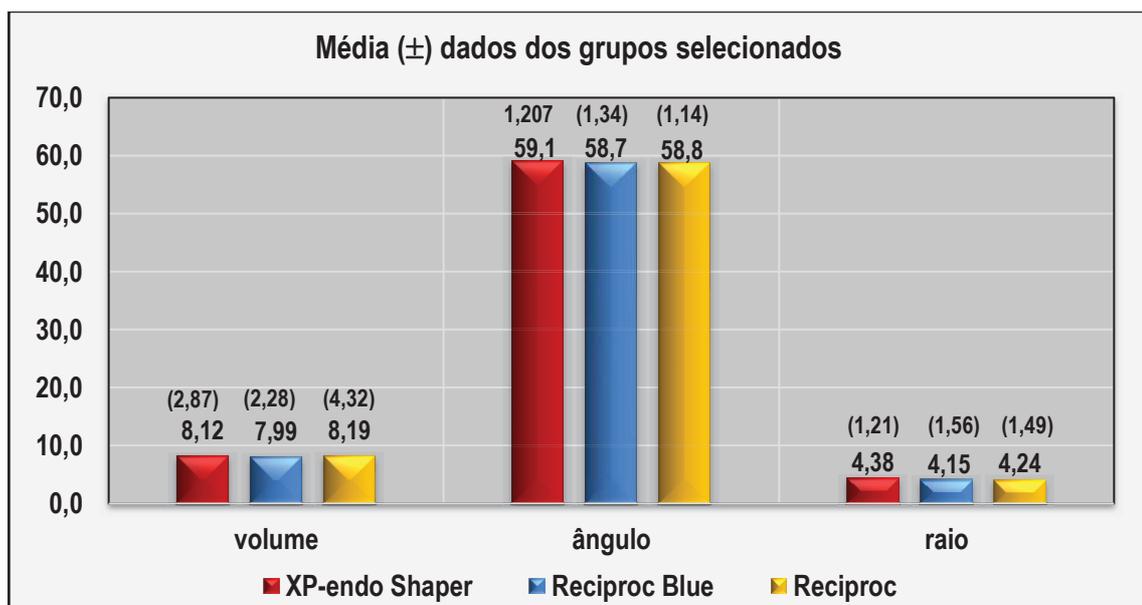
3.3 SELEÇÃO DA AMOSTRA E DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS

Foram selecionados 27 primeiros molares inferiores, com raízes mesiais curvas de acordo com os seguintes critérios de inclusão: 1) molar inferior permanente; 2) dentes com ápice completamente formado; 3) dentes sem tratamento endodôntico; 4) dentes com classificação anatômica: Classe III (SCHNEIDER, 1971); 5) dentes sem calcificações e reabsorções; 6) patência com lima K #.10 nos canais mesiais. Foram excluídos da amostra os demais dentes unirradiculares e multirradiculares.

A seleção dos dentes foi confirmada usando imagens de micro-CT. Para tanto, os dentes foram escaneados no microtomógrafo (SkyScan 1173, Bruker, Kontich, Belgium) com os seguintes parâmetros de aquisição: 114 kV e 70 mA, filtro de alumínio a 1 mm de espessura, tempo de exposição de 320 ms com rotação de 0,5° e resolução isotrópica de 9,97 µm, totalizando 1 hora e 20 minutos de escaneamento para cada dente. As imagens foram reconstruídas 3D pelo *software* Nrecon (v1.6.1.0; Bruker) usando parâmetros padronizados de redução de artefatos: 1 de suavização, redução de artefato de anel de 5 e correção de endurecimento de feixe de 50%. A partir das imagens iniciais obtidas por micro-CT, foram selecionados dentes com um canal mesiovestibular e um canal mesiolingual apresentando istmo completo (tipo V) de

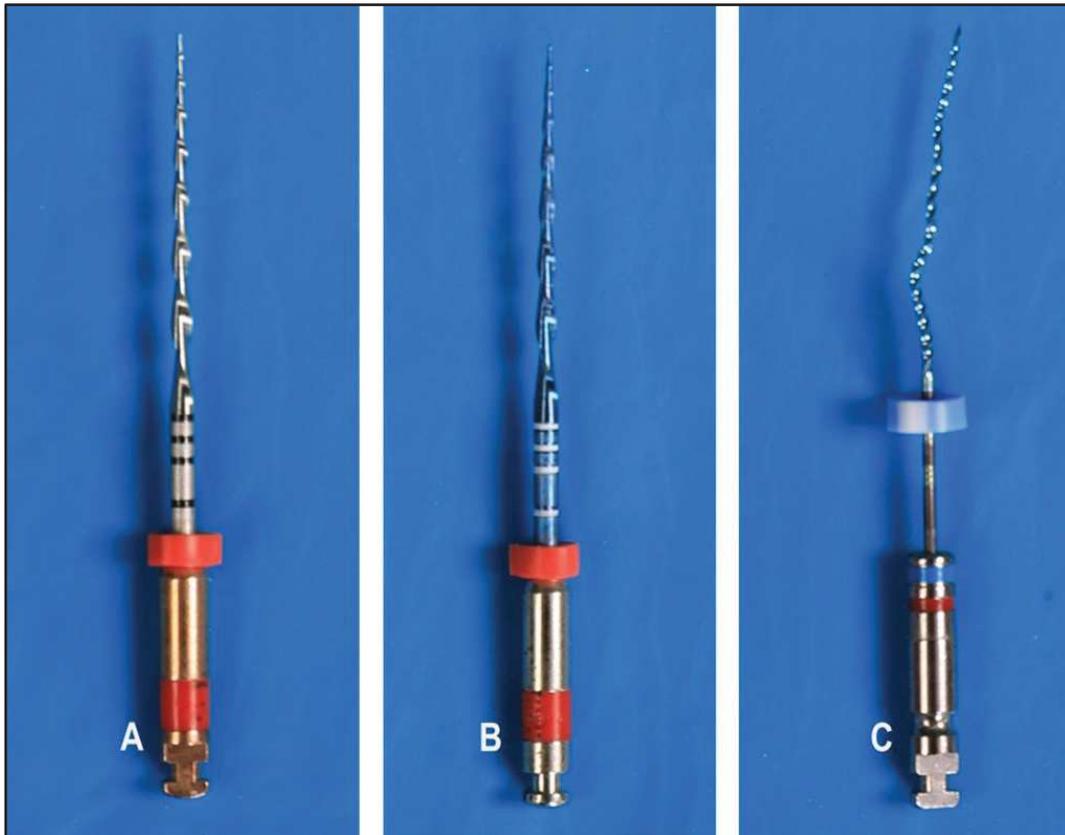
acordo com a classificação de Hsu e Kim (1997). Também, foram determinados o raio e o ângulo de curvatura dos canais radiculares (SCHNEIDER, 1971) e a confirmação da Classe III de Schneider, para o pareamento das amostras através do programa ImageJ (Fiji 1.49b; Java 1.6.0 24 [64 bits]). Neste mesmo programa, foi mensurada a área de superfície (mm^2) e volume (mm^3) inicial dos canais radiculares. Os dentes foram então pareados, tendo como base as médias das características morfológicas do canal radicular: volume, ângulo de curvatura da raiz (Gráfico 1) e anatomia 3D das raízes mesiais, e em seguida, separados aleatoriamente em três grupos experimentais ($n = 9$; Figura 1): G1 – Reciproc (VDW, Munich, Germany); G2 – Reciproc Blue (VDW, Munich, Germany) e G3 – XP-endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland).

Gráfico 1 – Semelhança dos dentes nos grupos analisados



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Figura 1 – Distribuição dos instrumentos nos grupos



Legenda: A) Lima Reciproc®; B) Lima Reciproc Blue®; C) Lima XP-endo Shaper®.
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

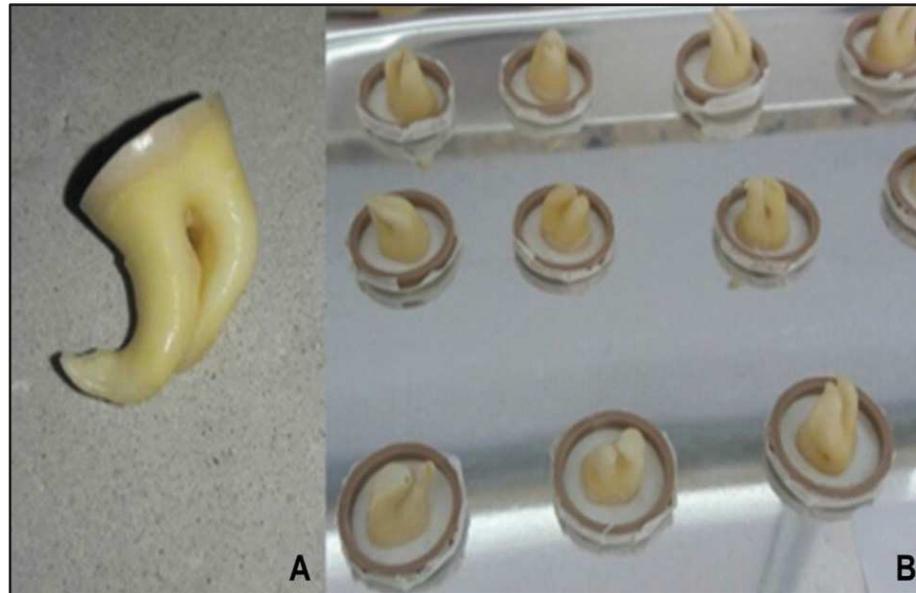
3.4 PREPARO DA AMOSTRA

A partir de 2 mm da junção amelocementária, com um disco de aço dupla face número 7020 (Discoflex, KGSorensen, São Paulo-SP, Brasil), a coroa dos dentes foi seccionada, visando retificar a base coronária dos dentes, para obter imagens de maior qualidade e padronização durante o escaneamento.

Na sequência, o acesso radicular foi realizado, de forma tradicional, com o uso de uma broca diamantada esférica 1012 (FG KG Sorensen, São Paulo-SP, Brasil), acoplada a motor de alta rotação e acionada sob refrigeração com água.

A porção radicular dos dentes foi fixada individualmente em uma base de resina epóxi, na região da junção amelocementária, para formar uma base de apoio retificada (Figura 2).

Figura 2 – Inclusão das amostras em base de resina epóxi



Legenda: A) dente com coroa seccionada; B) dentes incluídos em resina epóxi.
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A patência foraminal de todos os canais radiculares ($n = 27$) foi determinada com lima manual tipo Kerr #.10 (Dentsply, Petrópolis-RJ, Brasil) introduzida no interior do canal até que sua ponta atingisse o forame apical, de modo a ser visualizado a olho nu, com o cursor de borracha do instrumento ajustado na superfície do corte. O instrumento foi retirado da amostra, medido em régua milimetrada (Maquira, Maringá-PR, Brasil) e o CT foi estabelecido subtraindo 1 mm desta medida (Figura 3).

Figura 3 – Determinação do CT



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Foi realizado o *glide path* com as limas PathFile™ (#.13, #.16 e #.19) (Figura 4) com 300 rpm em todos os canais radiculares de todos os grupos, até se alcançar o CT estabelecido. Durante o PQM, a cada troca de instrumento, uma lima Kerr #.10 foi utilizada para manter a patência foraminal.

Figura 4 – Limas PathFile™ (#.13, #.16 e #.19) utilizadas para o *glide path*



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

O forame apical foi vedado com Top Dam (FGM, Joinville-SC, Brasil) de modo a permitir o fluxo e refluxo da substância irrigadora (vide item 3.6.4), simulando a condição clínica.

3.5 CUBA TÉRMICA PARA INSTRUMENTAÇÃO DOS CANAIS

Para a instrumentação dos canais radiculares foi necessária a idealização e construção de um aparato que permitisse que o processo se desenvolvesse de forma similar às condições humanas de temperatura e hidratação do dente. Assim, foi construída uma cuba térmica, a qual consiste em uma morsa de bancada montada sobre uma minibancada de granito, cujo conjunto foi posicionado de forma submersa em água a 37°C, dentro de uma cuba de vidro (tipo aquário). Integrava também o aparato, uma resistência elétrica (500W/110V) controlada por um termostato

eletrônico ajustado para 37°C ($\pm 0,2^\circ\text{C}$) e uma motobomba submersa – 90 L/h – (Sarlobetter, São Caetano do Sul-SP, Brasil) para circulação contínua da água e uniformização da temperatura em toda área do volume do recipiente. Foram ainda adicionados à cuba um frasco para armazenamento de NaOCl e um tubo de ensaio para servir como apoio para a seringa de irrigação. Ambos ficaram quase totalmente submersos, apenas com a abertura dos frascos acima da linha d'água (Figura 5).

Figura 5 – Aparato confeccionado para realização da instrumentação



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

3.6 PREPARO DOS CANAIS RADICULARES

Previamente à instrumentação, cada dente foi fixado na morsa de bancada da cuba térmica de instrumentação de modo que o anel de resina epóxi, sustentada pela base da junção ameloceментária, ficasse posicionada na linha da superfície da água. A instrumentação foi realizada por uma única operadora, especialista em Endodontia, sendo utilizado um instrumento para cada dente da amostra, com descarte após o uso.

3.6.1 Reciproc®

O instrumento Reciproc R25 (#.25/#.08; VDW, Munique, Alemanha) foi usado no motor Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha), em modo “Reciproc All”, de acordo com as recomendações do fabricante. A instrumentação foi conduzida em três estágios (cervical, médio e apical) usando movimento de avanço e recuo, com pequena amplitude. Após a instrumentação de cada terço, o instrumento foi removido do canal e limpo com gaze.

3.6.2 Reciproc Blue®

O instrumento Reciproc Blue R25 (#.25/#.08; VDW, Munique, Alemanha) foi usado no motor Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha), em modo “Reciproc All” de acordo com as recomendações do fabricante. A instrumentação foi conduzida em três estágios (cervical, médio e apical) usando movimento de avanço e recuo, com pequena amplitude. Após a instrumentação de cada terço, o instrumento foi removido do canal e limpo com gaze.

3.6.3 XP-endo Shaper®

A instrumentação do grupo XP-endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) #.30/#.01 foi realizada no motor VDW Silver (VDW, Munique, Alemanha) em movimento rotatório, com 800 rpm de torque e a 1 N.cm, de acordo com as recomendações do fabricante. A instrumentação foi conduzida em movimentos avanço e recuo até atingir o CT. Caso não atingisse o CT após três a cinco movimentos, a instrumentação foi reiniciada. Após atingir o CT, o instrumento foi utilizado em movimento de entrada e saída por dez vezes e removido do canal, finalizando a instrumentação.

A irrigação dos canais foi realizada a cada remoção do instrumento por terços e após a finalização do preparo.

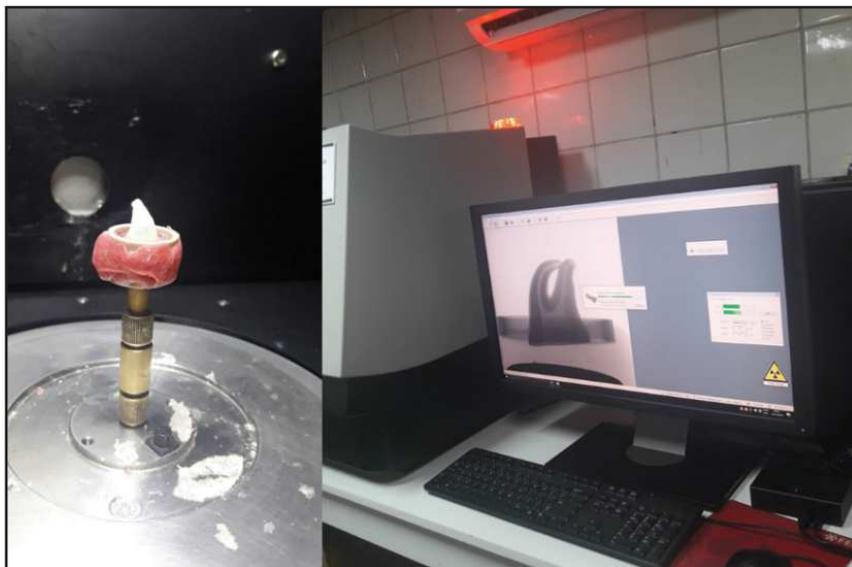
3.6.4 Irrigação

Os canais foram irrigados com 5 mL de NaOCl 5,25%, com auxílio de uma seringa tipo Luer de 5 mL, equipada com agulhas NaviTip de calibre 30 G (Ultradent Products Inc., Indaiatuba-SP, Brasil). A agulha foi inserida no canal até 2 mm do CT. A substância irrigadora foi injetada com a seringa e aspirada com cânula de sucção, em um tempo de aproximadamente 30 segundos. A irrigação final foi realizada com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) 17% (Biodinâmica, Ibioporã-PR Brasil), para remover a *smear layer*, e 5 mL de NaOCl 5,25% e como irrigante final. Os dentes instrumentados foram armazenados em ambiente seco e limpo para o segundo escaneamento por micro-CT.

3.7 ANÁLISE POR MICRO-CT

Após o preparo do canal radicular nos três grupos, os dentes foram novamente escaneados por micro-CT com os mesmos parâmetros de aquisição e reconstrução utilizados anteriormente (Figura 6). Esse escaneamento foi realizado para avaliar a morfologia dos canais quanto ao volume, à área de superfície e às paredes não tocadas, além da mensuração do transporte e centralização ocasionados pela instrumentação.

Figura 6 – Escaneamento no micro-CT



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

O *software* 3D Slicer 4.4.0 (Artificial Intelligence Laboratory of Massachusetts Institute of Technology and Surgical Planning Laboratory at Brigham and Women's Hospital and Harvard Medical School) foi usado para registrar os modelos 3D pré e pós-operatórios, sobrepondo-se as imagens antes e após o PQM a uma precisão maior que 1 *voxel*, após conversão dos modelos inicial e final dos canais no formato Bitmap (bmp) para o formato NRRD no *software* ImageJ 1.50d (Institutos Nacionais de Saúde, Bethesda, MD).

O volume (mm³) e a área de superfície (mm²) do canal preparado no segmento apical (5 mm) e no comprimento total do canal foram calculados no *software* ImageJ 1.50d (Institutos Nacionais de Saúde, Bethesda, MD). O mesmo *software* foi utilizado para avaliar a porcentagem de área não preparada que foi calculada pelo número de *voxels* estáticos (*voxels* presentes na mesma posição da superfície do canal antes e após a instrumentação) dividido pelo número total de *voxels* presentes na superfície do canal (DE-DEUS et al., 2015), de acordo com a fórmula:

$$\frac{\text{número de voxels estáticos} \times 100}{\text{número total de voxels de superfície}}$$

O transporte do canal e a capacidade de centralização do preparo foram avaliados em três níveis (3, 5 e 7 mm do ápice), utilizando as seguintes fórmulas (GAMBILL; ALDER; DEL RIO, 1996).

Transporte do canal: (m1-m2) - (d1-d2)

$$\text{Centralização do preparo: } \frac{(m1 - m2)}{(d1 - d2)} \text{ OR } \frac{(d1 - d2)}{(m1 - m2)}$$

Em que: m1 é a distância mais curta da margem mesial da raiz até o canal não instrumentado; m2 é a menor distância da margem mesial da raiz até o canal instrumentado; d1 é a menor distância da margem distal da raiz até o canal não instrumentado; e d2 é a menor distância da margem distal da raiz até o canal instrumentado.

Transporte do canal igual a "0" significa que não houve transporte, valor negativo significa que ocorreu transporte na direção distal, e, valor positivo indica transporte na região mesial. A equação utilizada para determinar a capacidade de

centralização do preparo depende do valor obtido pelo numerador, que deve sempre ser menor do que o denominador. Os valores iguais a “1” indicam perfeita centralização, e valores próximos a “0” indicam uma reduzida capacidade do instrumento de manter o eixo central do canal radicular.

O *software* CTVol v.2.3.1 (Bruker-microCT) foi usado para definir um padrão codificado por cores para os modelos de canais (verde para pré-instrumentação e vermelho para canais instrumentados). Isso permitiu a comparação de modelos de canais radiculares sobrepostos dos escaneamentos pré e pós-operatórios.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados referentes ao número de paredes não tocadas, aumento de área e volume, foi realizada no *software* BioEstat 5.0. Os dados foram descritos utilizando-se média, desvio-padrão, mínimo e máximo. A fim de se testar a diferença entre os grupos utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com o teste *post hoc* de *Lower Significant Difference* (LSD).

A análise do transporte foi feita por modelos de regressão normal com efeito aleatório (GARDINER; LUO; ROMAN, 2009), enquanto a análise da centralização foi realizada utilizando-se modelos de regressão Beta 0-1 inflada (OSPINA; FERRARI, 2010).

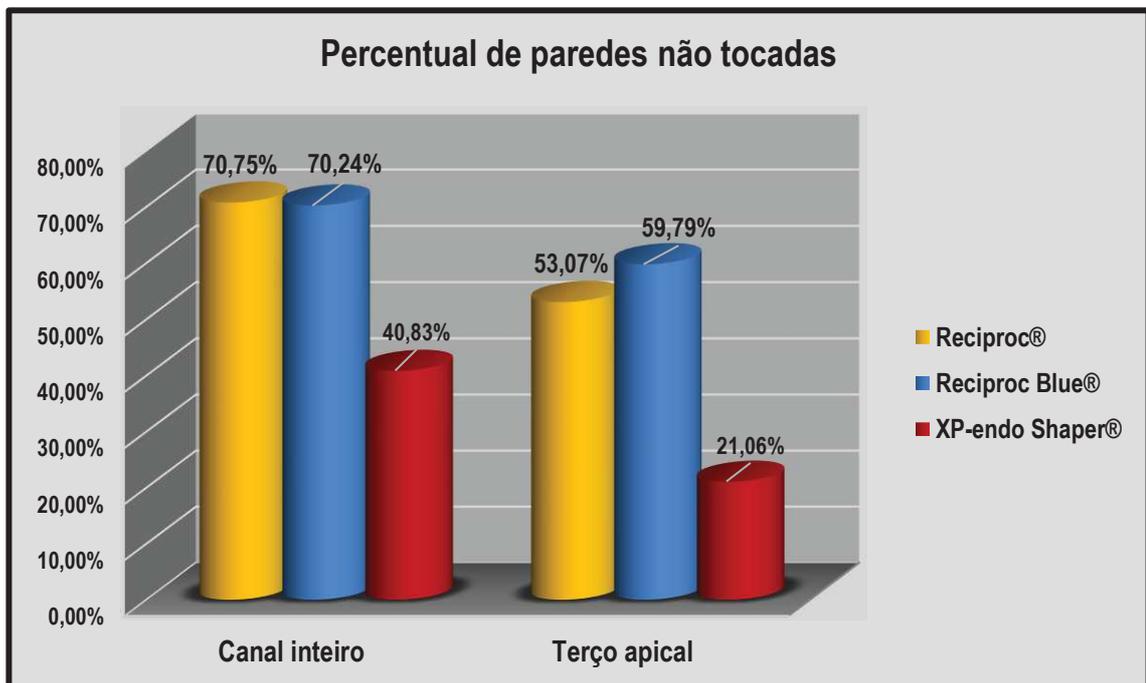
A normalidade dos resíduos foi verificada utilizando-se o teste de *Shapiro-Wilk*. O nível de significância adotado para todos os testes foi de 5%.

5 RESULTADOS

5.1 PAREDES NÃO TOCADAS

A porcentagem de paredes não tocadas por toda a extensão do canal radicular resultou em uma média semelhante entre os grupos Reciproc e Reciproc Blue (70,75 e 70,24% respectivamente; $p > 0,05$) e estatisticamente diferentes quando esses grupos foram comparados ao grupo XP-endo Shaper (40,83%), com níveis de significância de $p = 0,0298$ e $p = 0,0315$, respectivamente (Gráfico 2). No terço apical (5 mm), tais achados se repetiram, em que os grupos Reciproc e Reciproc Blue tiveram menos paredes tocadas (53,07 e 59,79%, respectivamente) quando comparados ao grupo XP-endo Shaper (21,06%) ($p = 0,0282$ e $p = 0,0096$, respectivamente).

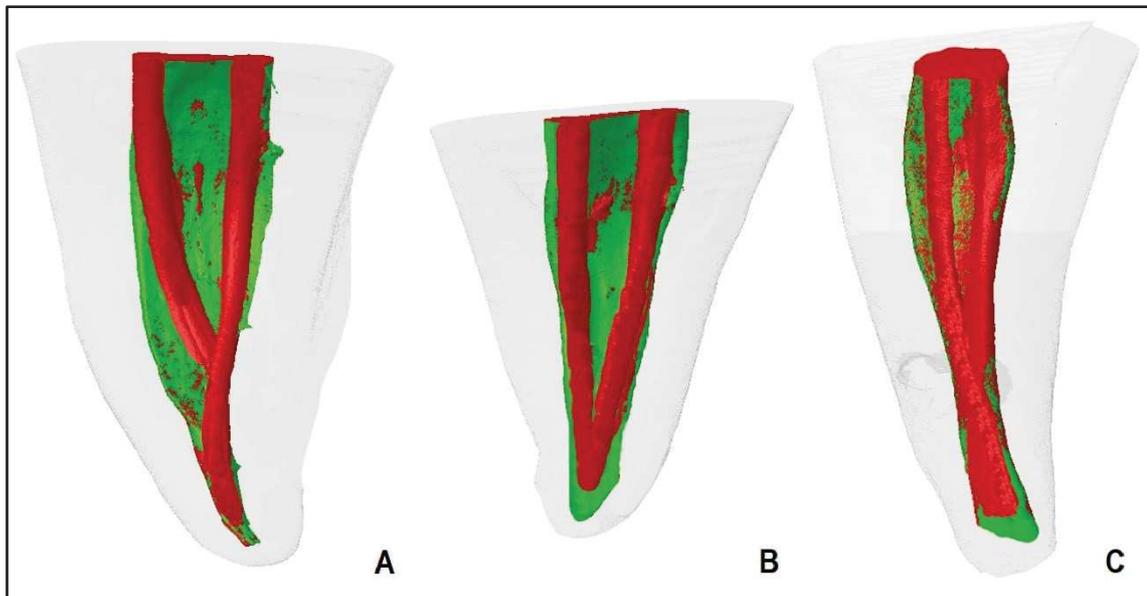
Gráfico 2 – Percentual de paredes não tocadas, por grupo e região do canal



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A Figura 7 ilustra modelos 3D de dentes de cada grupo antes (verde) e depois (vermelho) do preparo do canal radicular.

Figura 7 – Modelos 3D de dentes de cada grupo antes (verde) e depois (vermelho) do preparo do canal radicular

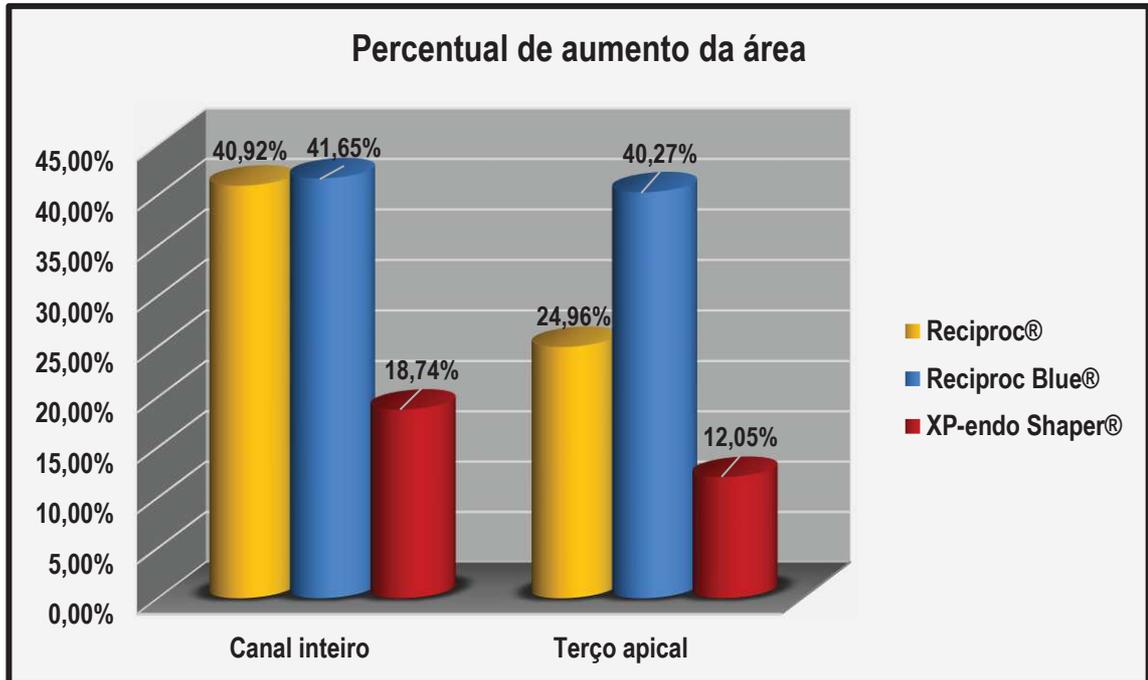


Legenda: A) grupo Reciproc; B) grupo Reciproc Blue; C) grupo XP-endo Shaper.
Fonte: Elaborada pela autora (2020).

5.2 ÁREA

Conforme ilustra o Gráfico 3, quando analisado o canal radicular inteiro, a área foi aumentada em média 40,92% no grupo Reciproc, em 41,65% no Reciproc Blue, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos ($p > 0,05$) mas o grupo XP-endo Shaper apresentou em média uma área aumentada de 18,74%, demonstrando diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos Reciproc e Reciproc Blue. Já ao se analisar o terço apical dos canais, houve aumento da área de 24,96% no grupo Reciproc, de 40,27% no Reciproc Blue, e de 12,05% no grupo XP-endo Shaper, havendo diferença estatisticamente significativa apenas entre os grupos XP-endo Shaper e Reciproc Blue ($p = 0,0089$).

Gráfico 3 – Percentual de aumento da área, por grupo e região do canal

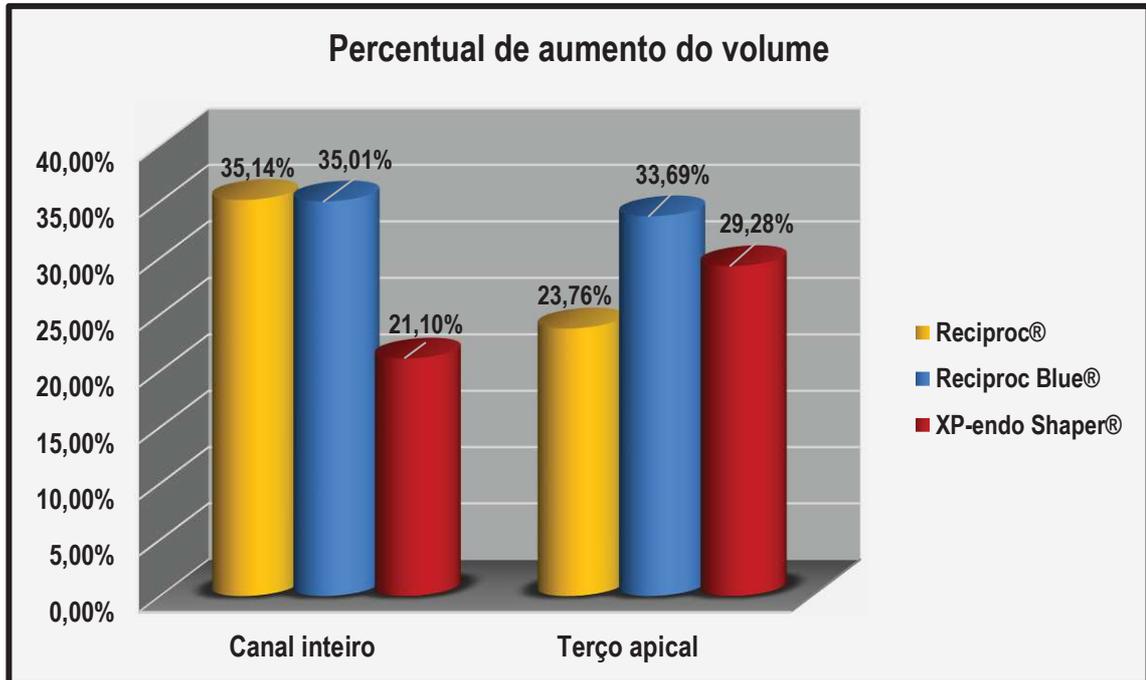


Fonte: Elaborado pela autora (2020).

5.3 VOLUME

O Gráfico 4 demonstra que houve aumento do volume em toda a extensão do canal, em média de 35,14% para o grupo Reciproc, 35,01% para o Reciproc Blue, e 21,10% para o XP-endo Shaper, não havendo diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). No terço apical do canal, houve aumento do volume em média, de 23,76% para o grupo Reciproc, 33,69% para o Reciproc Blue, e 29,28% para o XP-endo Shaper, também não sendo encontradas diferenças estatisticamente significativas.

Gráfico 4 – Percentual de aumento do volume, por grupo e região do canal



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas quando comparados os resultados apresentados em toda a extensão do canal radicular e em seu terço apical ($p > 0,05$), sendo que, no geral, o instrumento XP-endo Shaper® apresentou o melhor desempenho, com menores aumentos em volume e área dos canais, além de menor percentual de paredes não tocadas.

5.4 TRANSPORTE APICAL E CENTRALIZAÇÃO DO PREPARO

Os resultados de transporte apical e centralização estão demonstrados na Tabela 1.

Em relação ao transporte apical, não foi observada diferença estatística entre os níveis 3 e 5 mm e 3 e 7 mm ($p > 0,01$), com maiores médias de transporte apical a 7 mm do ápice radicular para os três instrumentos estudados. Não houve diferença entre os grupos analisados ($p > 0,01$). Em relação a centralização do preparo, não foi observada diferença entre os níveis 3, 5 e 7 mm ($p > 0,05$). No entanto, o grupo XP-endo Shaper demonstrou maior centralização do preparo quando comparado ao grupo Reciproc Blue ($p < 0,01$). Não houve diferença estatística entre os grupos Reciproc Blue e Reciproc ($p > 0,05$) e a Reciproc e XP-endo Shaper ($p > 0,05$).

Tabela 1 – Média (\pm) do transporte apical e da centralização do preparo

Nível/canal radicular	Parâmetros	Grupos		
		Reciproc	Reciproc Blue	XP-endo Shaper
3 mm/MV	Transporte	0,23 \pm 0,12 ^A	0,20 \pm 0,14 ^A	0,10 \pm 0,12 ^A
	Centralização	0,35 \pm 0,13 ^A	0,41 \pm 0,29 ^A	0,51 \pm 0,32 ^A
3 mm/ML	Transporte	0,20 \pm 0,14 ^A	0,17 \pm 0,13 ^A	0,20 \pm 0,14 ^A
	Centralização	0,49 \pm 0,31 ^A	0,42 \pm 0,32 ^A	0,41 \pm 0,29 ^A
5 mm/MV	Transporte	0,19 \pm 0,11 ^A	0,24 \pm 0,14 ^A	0,09 \pm 0,09 ^A
	Centralização	0,44 \pm 0,27 ^A	0,36 \pm 0,29^B	0,50 \pm 0,37^A
5 mm/ML	Transporte	0,19 \pm 0,08 ^A	0,23 \pm 0,15 ^A	0,24 \pm 0,14 ^A
	Centralização	0,44 \pm 0,18 ^A	0,39 \pm 0,31 ^A	0,36 \pm 0,29 ^A
7 mm/MV	Transporte	0,23 \pm 0,23 ^A	0,27 \pm 0,20 ^A	0,13 \pm 0,14 ^A
	Centralização	0,45 \pm 0,28 ^A	0,39 \pm 0,35^B	0,52 \pm 0,28^A
7 mm/ML	Transporte	0,26 \pm 0,21 ^A	0,22 \pm 0,16 ^A	0,27 \pm 0,20 ^A
	Centralização	0,44 \pm 0,32 ^A	0,42 \pm 0,35 ^A	0,39 \pm 0,35 ^A

Letras sobrescritas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas significativas na capacidade de centralização ou transporte do canal nos grupos testados ($p < 0,05$).

Legenda: (\pm) desvio-padrão; (mm) milímetros; (MV) mesiovestibular; (ML) mesiolingual.

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

6 DISCUSSÃO

A hipótese nula levantada de que os diferentes sistemas de instrumentos apresentam eficácia diferenciada no preparo de canais mesiais curvos de primeiros molares inferiores foi aceita, tendo em vista que o grupo XP-endo Shaper obteve resultados diferentes quando comparados aos demais grupos (Reciproc e Reciproc Blue).

Diante da constante evolução dos materiais utilizados na Odontologia e, em especial, dos instrumentos endodônticos (ALRAHABI; ATTA, 2019; PACHECO-YANES et al., 2019; USLU et al., 2018; VERSIANI et al., 2018), é importante que a comunidade acadêmica e profissional esteja sempre atualizada quanto às principais características e desempenho desses dispositivos na clínica endodôntica. É sob esse contexto que este estudo foi elaborado, visando comparar o desempenho dos instrumentos Reciproc®, Reciproc Blue® e XP-Endo Shaper® quando do PQM de canais mesiais curvos de primeiros molares inferiores.

Como método de análise, decidiu-se utilizar a micro-CT devido ao fato de a mesma estar sendo constantemente utilizada em diferentes estudos como um dos métodos mais atuais e eficazes na quantificação do desempenho de instrumentos endodônticos (AKSOY et al., 2019; ALVES et al., 2016; MOORE; FITZ-WALTER; PARASHOS, 2009; LACERDA, 2017; LI et al., 2011; SIQUEIRA JÚNIOR et al., 2013; VERSIANI et al., 2012, 2018).

Dentre os estudos que usaram a micro-CT, o sistema Reciproc® se faz mais presente na literatura, demonstrando que o mesmo apresenta vantagens em relação ao tempo de instrumentação (BÜRKLEIN; BENTEN; SCHÄFER, 2013; MACHADO et al., 2012), porém, sendo comparado a sistemas que não foram analisados nesta pesquisa. Ainda não há constatação demonstrando superioridade ou inferioridade relacionada a este sistema quanto à manutenção da anatomia original do canal (AQUINO et al., 2015), extrusão de debris (BÜRKLEIN; SCHÄFER, 2012), capacidade de modelagem e desinfecção (BÜRKLEIN et al., 2012; BÜRKLEIN; BENTEN; SCHÄFER, 2013; SIQUEIRA JÚNIOR et al., 2013).

Em estudo envolvendo o sistema de instrumentos Reciproc Blue® concentrando-se na avaliação da quantidade de debris e irrigantes extruídos durante a instrumentação, foi demonstrado que este sistema possui resultados desfavoráveis em comparação a outros sistemas (KESKIN; SARIYILMAZ, 2018). Porém, quando

Reciproc Blue[®] foi comparado ao sistema Reciproc[®], o estudo de AlRahabi e Atta (2019) constatou melhores resultados para Reciproc Blue[®] em relação à sua topografia de superfície e perfis em nanoescala, quando intactos após o uso. Já Bürklein, Flüch e Schäfer (2019) demonstraram que o caráter térmico-dependente da Reciproc Blue[®] não lhe conferiu capacidade melhorada de modelagem.

Já em relação ao instrumento XP-endo Shaper[®], o estudo de Lacerda et al. (2017) demonstrou que este sistema apresentou uma média percentual menor de paredes não tocadas no canal radicular, em comparação à SAF[®]; o que corrobora os achados desta pesquisa, que também demonstrou superioridade deste sistema nesse quesito, em comparação aos sistemas Reciproc[®] e Reciproc Blue[®]. Quanto aos quesitos avaliados neste estudo (aumento de área e volume, e percentual de paredes não tocadas), XP-endo Shaper[®] não apresentou diferenças em relação aos demais sistemas testados por Versiani et al. (2018).

Em pesquisas que compararam os instrumentos XP-endo Shaper[®] e Reciproc Blue[®], este último apresentou os melhores resultados quanto à quantidade de debris extruídos durante o PQM (USLU et al., 2018), enquanto não houve diferenças entre esses dois sistemas quanto à ocorrência de microtrincas dentinárias (AKSOY et al., 2019).

O estudo de Pacheco-Yanes et al. (2019) avaliou exatamente os três sistemas incluídos neste estudo, em que comparou o desvio (instrumentação que não segue o percurso do canal original) ocasionado por esses instrumentos durante o PQM. A pesquisa apontou resultados mais favoráveis para o sistema XP-endo Shaper[®], em comparação ao Reciproc[®] e Reciproc Blue[®], demonstrando que o mesmo tende a manter a anatomia do canal original de forma mais considerável. Esse resultado corrobora, em parte, com os achados desta pesquisa, pois o sistema XP-endo Shaper[®] apresentou centralização mais elevada do que o sistema Reciproc Blue[®], porém, não apresentou diferenças estatisticamente significativas com o sistema Reciproc[®]. Ademais, XP-endo Shaper[®] apresentou resultados mais favoráveis nas outras variáveis avaliadas neste estudo, demonstrando menor índice de paredes não tocadas (tanto na região apical quanto em todo o canal), menor aumento de área (em especial na região apical) e menor aumento do volume. Não houve diferenças entre os sistemas quanto ao transporte apical.

É lícito ressaltar que os percentuais de paredes não tocadas diferem consideravelmente entre os estudos. No estudo de Lacerda et al. (2017), no segmento

apical (4 mm), a quantidade média de áreas intocadas após a preparação com XP-endo Shaper® foi de 15,88%, e nesta pesquisa com o mesmo instrumento, na região apical (5 mm) o percentual encontrado foi de 21,06%. Já na pesquisa de Siqueira Júnior et al. (2013), utilizando instrumentos Reciproc R25 e R40, a proporção de áreas não preparadas nos molares foi de 18,1% e 9,6% em todo o comprimento do canal e região apical, respectivamente. Nos pré-molares, os valores correspondentes foram 34,6% e 17,6%, respectivamente. Nesta pesquisa, usando somente a Reciproc® R25, obteve-se valores percentuais mais elevados de paredes não tocadas por toda a extensão do canal radicular (70,75%) e no terço apical (53,07%). Apesar de utilizar instrumentos ProTaper®, a pesquisa de Li et al. (2011), também encontrou altas porcentagens (27,4-83,0%) de paredes não tocadas, detectadas por micro-CT.

Portanto, indica-se que novos estudos sejam realizados para que estes achados possam ser confirmados e melhor esclarecidos.

7 CONCLUSÃO

O sistema XP-endo Shaper[®] demonstrou melhores resultados quando comparado aos sistemas Reciproc[®] e Reciproc Blue[®] em relação ao percentual de paredes não tocadas e ao aumento da área dos canais, tanto na região apical quanto em toda a extensão do canal radicular.

O sistema XP-endo Shaper[®], também apresentou melhor centralização do preparo quando comparado ao sistema Reciproc Blue[®].

Em relação ao aumento do volume do canal radicular e ao transporte apical, os sistemas testados apresentaram resultados semelhantes.

Ressalta-se que, nenhum dos instrumentos foi capaz de preparar todas as áreas superficiais dos canais radiculares.

REFERÊNCIAS

- AJUZ, N. C. et al. Glide path preparation in S-shaped canals with rotary pathfinding nickel-titanium instruments. **J Endod**, Baltimore, v. 39, n. 4, p. 534-537, Apr. 2013.
- AKSOY, Ç. et al. Evaluation of XP-endo Shaper, Reciproc Blue, and ProTaper Universal NiTi systems on dentinal microcrack formation using micro-computed tomography. **J Endod**, Baltimore, v. 45, n. 3, p. 338-342, Mar. 2019.
- ALMEIDA, B. M. et al. Matching the dimensions of currently available instruments with the apical diameters of mandibular molar mesial root canals obtained by micro-computed tomography. **J Endod**, Baltimore, v. 45, n. 6, p. 756-760, June 2019.
- ALRAHABI, A. M. K.; ATTA, R. M. Surface nanoscale profile of WaveOne, WaveOne Gold, Reciproc, and Reciproc blue, before and after root canal preparation. **Odontology**, Tokyo, v. 107, n. 4, p. 500-506, Mar. 2019.
- ALVES, F. R. F. et al. Adjunctive steps for disinfection of the mandibular molar root canal system: a correlative bacteriologic, micro-computed tomography, and cryopulverization approach. **J Endod**, Baltimore, v. 42, n. 11, p. 1667-1672, Nov. 2016.
- AMADO, D. D. A. D. et al. Tratamento endodôntico em sessão única com uso de lima Reciproc: relato de caso. **E-RAC**, v. 2, n. 1, p. 1-11, Jan. 2012.
- AQUINO, M. B. et al. Avaliação comparativa da centralização do preparo biomecânico em canais instrumentados pelos sistemas Reciproc e Mtwo. In: **Anais do XV ENEXT/I ENExC**, Recife, 2015.
- ARIAS, A.; SINGH, R.; PETERS, O. A. Differences in torsional performance of single-and multiple instrument rotary systems for glide path preparation. **Odontology**, Tokyo, v. 104, n. 2, p. 192-198, May 2016.
- BAYRAM, H. M. et al. Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper instruments on dentinal microcrack formation: a micro-computed tomographic study. **J Endod**, Baltimore, V. 43, n. 7, p. 1166-1169, July 2017.
- BERUTTI, E. et al. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. **J Endod**, Baltimore, v. 38, n. 4, p. 505-509, Apr. 2012.
- BERUTTI, E. et al. Effect of canal length and curvature on working length alteration with WaveOne reciprocating files. **J Endod**, Baltimore, v. 37, n. 12, p. 101-104, Dec. 2011.
- BERUTTI, E. et al. Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. **J Endod**, Baltimore, v. 35, n. 3, p. 408-412, Mar. 2009.

- BÜRKLEIN, S. et al. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. **Int Endod J**, Oxford, v. 45, n. 5, p. 449-461, May 2012.
- BÜRKLEIN, S.; BENTEN, S.; SCHÄFER, E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. **Int Endod J**, Oxford, v. 46, n. 6, p. 590-597, June 2013.
- BÜRKLEIN, S.; FLÜCH, S.; SCHÄFER, E. Shaping ability of reciprocating single-file systems in severely curved canals: WaveOne and Reciproc versus WaveOne Gold and Reciproc blue. **Odontology**, Tokyo, v. 107, n. 1, p. 96-102, Jan. 2019.
- BÜRKLEIN, S.; SCHÄFER, E. Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. **J Endod**, Baltimore, v. 38, n. 6, p. 850-852, June 2012.
- CASSIM, I.; VAN DER VYVER, P. J. The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature. **SADJ**, South Africa, v. 68, n. 7, p. 322-327, Aug. 2013.
- DE-DEUS, G. et al. Assessment of apically extruded debris produced by the single-file ProTaper F2 technique under reciprocating movement. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, St. Louis, v. 110, n. 3, p. 390-394, Sept. 2010.
- DE-DEUS, G. et al. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc Files. **J Endod**, Baltimore, v. 43, n. 3, p. 462-466, Mar. 2017.
- DE-DEUS, G. et al. Micro-CT Evaluation of Non-instrumented Canal Areas with Different Enlargements Performed by NiTi Systems. **Braz Dent J**, Ribeirao Preto, v. 26, n. 6, p. 624-9, Nov./Dec. 2015.
- DHINGRA, A.; NAGAR, N.; SAPRA, V. Influence of the glide path on various parameters of root canal prepared with WaveOne reciprocating file using cone beam computed tomography. **Dent Res J**, Isfahan, v. 12, n. 6, p. 534-540, Nov./Dec. 2015.
- DHINGRA, A.; NEETIKA, B. Glide path in endodontics. **Endodontology**, New Delhi, v. 26, n. 1, p. 216-222, June 2014.
- FKG Dentaire SA. **XP-endo Shaper: simplify your endo - the unique one-file system**. 2016. Disponível em: <<https://www.fkg.ch/xpendo/shaper>>. Acesso em. 10 maio 2019.
- GAMBARINI G, et al. Role of the flat-designed surface in improving the cyclic fatigue resistance of endodontic NiTi rotary instruments. **Materials**, Oxford, v. 12, n. 16, p. 1-8, Aug. 2019.
- GAMBARINI, G.; GLASSMAN, G. TF™ Adaptive: a novel approach to nickel-titanium instrumentation. **Endod Pract**, Philadelphia, v. 7, n. 2, p. 42-45, Mar./Apr. 2014.

GAMBILL, J. M.; ALDER, M.; DEL RIO, C. E. Comparison of nickel-titanium and stainless-steel hand-file instrumentation using computed tomography. **J Endod**, Baltimore, v. 22, n. 7, p. 369-75, July 1996.

GARDINER, J. C.; LUO, Z.; ROMAN, L. A. Fixed effects, random effects and GEE: what are the differences? **Stat Med**, Chichester, v. 28, n. 2, p. 221-239, Jan. 2009.

GUIMARÃES JÚNIOR, E. **Instrumentos endodônticos de uso único**. 2013. 37 f. Monografia (Especialização em Endodontia) – Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2013.

GÜNDOĞAR, M.; ÖZYÜREK, T. Cyclic fatigue resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue nickel-titanium instruments. **J Endod**, Baltimore, v. 43, n. 7, p. 1192-1196, July 2017.

GUTMANN, J. L.; GAO, Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel-titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: focused review. **Int Endod J**, Oxford, v. 45, n. 2, p. 113-128, Feb. 2012.

HSU, Y.; KIM, S. The resected root surface. The issue of canal isthmuses. **Dent Clin North Am**, Philadelphia, v. 41, n. 3, p. 529-540, July 1997.

IQBAL, A.; AKBAR, I.; AL-OMIRI, M. K. An in vivo study to determine the effects of early preflaring on the working length in curved mesial canals of mandibular molars. **J Contemp Dent Pract**, New Delhi, v. 14, n. 2, p. 163-167, Mar. 2013.

JARDINE, A. O. et al. Shaping ability of rotatory or reciprocating instruments in curved canals: a micro-computed tomographic study. **Braz Oral Res**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 86-93, June 2016.

KANGARLOO, A.; GHAREVISKI, S.; NAZARINASAB, A. Comparison of Path File and hand file in reducing the risk of instrument fracture in ProTaper rotary system. **J Dent Sch**, Tehran, v. 29, n. 5, p. 315-321, Mar. 2012.

KESKIN, C.; SARIYILMAZ, E. Apically extruded debris and irrigants during root canal filling material removal using Reciproc Blue, WaveOne Gold, R-Endo and ProTaper next systems. **J Dent Res Dent Clin Dent Prospects**, Tabriz, v. 12, n. 4, p. 272-276, Fall, 2018.

KUBDE, R. et al. Creating endodontic glide path - a short review. **Int J Dent Clin**, India, v. 4, n. 2, p. 40-41, Feb. 2012.

LACERDA, M. F. L. S. et al. Cleaning and shaping oval canals with 3 instrumentation systems: a correlative micro-computed tomographic and histologic study. **J Endod**, Baltimore, v. 43, n. 11, p. 1878-1884, 2017.

LI, K. Z. et al. The effect of a manual instrumentation technique on five types of premolar root canal geometry assessed by microcomputed tomography and three-dimensional reconstruction. **BMC Med Imaging**, England, v. 11, n. 14, p. 1-9, June 2011.

- LIMONGI, O. et al. Análise do desgaste produzido no preparo de canais radiculares com o sistema oscilatório em três diferentes velocidades. **Rev Odontol Univ Cid São Paulo**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 14-17, jan./abr. 2009.
- LINS, F. F. L. et al. Influência do pré-alargamento na escolha da lima patência e lima apical inicial. **Rev Bras Odontol**, Rio de Janeiro, v. 70, n. 2, p. 187-191, jul./dez. 2013.
- MACHADO, M. E. L. et al. Análise do tempo de trabalho da instrumentação recíproca com lima única: WaveOne e Reciproc. **Rev Assoc Paul Cir Dent**, São Paulo, v. 66, n. 2, p. 120-124, abr./jun. 2012.
- MOORE, J.; FITZ-WALTER, P.; PARASHOS, P. A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation techniques. **Int Endod J**, Oxford, v. 42, n. 12, p. 1057-1064, Dez. 2009.
- MORTMAN, R. E. Technologic advances in endodontics. **Dent Clin North Am**, Philadelphia, v. 55, n. 3, p. 461-480, July 2011.
- OSPINA, R.; FERRARI, S. L. P. Inflated beta distributions. **Stat Papers**, v. 23, n. 11, p. 111-126, Mar. 2010.
- PACHECO-YANES, J. et al. Transportation assessment in artificial curved canals after instrumentation with Reciproc, Reciproc Blue, and XP-endo Shaper systems. **J Investig Clin Dent**, Hoboken, v. 10, n. 3, p. 1-7, Apr. 2019.
- PÉCORA, J. D. et al. Influence of cervical preflaring on apical file size determination. **Int Endod J**, Oxford, v. 38, n. 7, p. 430-435, July 2005.
- PÉREZ, A. R. et al. Effects of increased apical enlargement on the amount of unprepared areas and coronal dentine removal: a microcomputed tomography study. **Int Endod J**, Oxford, v. 52, n. 6, p. 684-690, June 2018.
- PLOTINO, G. et al. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. **Int Endod J**, Oxford, v. 45, n. 7, p. 614-618, July 2012.
- ROANE, J. B.; SABALA, C. L.; DUNCANSON JR, M. G. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. **J Endod**, Baltimore, v. 11, n. 5, p. 203-211, May 1985.
- SCHMITZ, M. S. et al. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in mandibular molars: SEM analysis. **Braz Dent J**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 245-251, Jan. 2008.
- SCHNEIDER, S. W. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, St. Louis, v. 32, n. 2, p. 271-275, Aug. 1971.

SHEN, Y. et al. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **J Endod**, Baltimore, v. 39, n. 2, p. 163-172, Feb. 2013a.

SHEN, Y. et al. HyFlex nickel-titanium rotary instruments after clinical use: metallurgical properties. **Int Endod J**, Oxford, v. 46, n. 8, p. 720-729, Aug. 2013b.

SILVA, E. J. N. L. et al. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of XP-endo Shaper and TRUShape Instruments. **J Endod**, Baltimore, v. 44, n. 1, p. 168-172, Jan. 2018.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. F. et al. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self-adjusting file, reciproc, and twisted file systems. **J Endod**, Baltimore, v. 39, n. 8, p. 1044-1050, Aug. 2013.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. F. et al. What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. **Int Endod J**, Oxford, v. 51, n. 5, p. 501-508, May 2018.

SOUZA FILHO, F. J. Preparo de canais radiculares com patência e ampliação do forame apical. In: SOUZA FILHO, F. J. (Org.). **Endodontia passo a passo: evidências clínicas**. São Paulo: Artes Médicas, 2015.

TAN, B. T.; MESSER, H. H. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. **J Endod**, Baltimore, v. 28, n. 9, p. 658-664, Sep. 2002.

USLU, G. et al. Apically extruded debris during root canal instrumentation with Reciproc Blue, HyFlex EDM, and XP-endo Shaper Nickel-titanium files. **J Endod**, Baltimore, v. 44, n. 5, p. 856-859, May 2018.

VDW GMBH. **Reciproc® blue**. [online]. VDW GmbH. 2017. Disponível em: <<https://www.vdw-ental.com/fileadmin/Dokumente/Sortiment/Aufbereitung/Reziproke-Aufbereitung/RECIPROC-blue/VDW-Dental-Reciproblue-brochure-EN.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

VDW GMBH. **Reciproc® one file endo**. [online]. München: VDW GmbH. 2012. Disponível em: <<http://www.vdw-dental.com/en/products/reciprocating-preparation.html>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

VERSIANI, M. A. et al. Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary systems by means of spiral computerized tomography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, St. Louis, v. 105, n. 6, p. 807-813, June 2008.

VERSIANI, M. A. et al. Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. **J Endod**, Baltimore, v. 44, n. 3, p. 489-495, Mar. 2018.

YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. **Int Endod J**, Oxford, v. 41, n. 4, p. 339-341, Apr. 2008.

YARED, G. Canal preparation using only one reciprocating instrument without prior hand filling: a new concept. **Int Dent African Edition**, Johannesburg, v. 2, n. 2, p. 78-87, Mar./Apr. 2012.

YARED, G. Reciproc blue: the new generation of reciprocation. **G Ital Endod**, Verona, v. 31, n. 2, p. 96-101, Nov. 2017.

YE, J.; GAO, Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. **J Endod**, Baltimore, v. 38, n. 1, p. 105-107, Jan. 2012.

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISAS COM SERES HUMANOS DA UFJF



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise de diferentes sistemas de lima única no preparo dos canais radiculares: estudo por microtomografia computadorizada

Pesquisador: Celso Neiva Campos

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 61915416.6.0000.5147

Instituição Proponente: FACULDADE DE ODONTOLOGIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.840.821

Apresentação do Projeto:

Apresentação do projeto esta clara, detalhada de forma objetiva, descreve as bases científicas que justificam o estudo, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, item III.

Objetivo da Pesquisa:

O Objetivo da pesquisa está bem delineado, apresenta clareza e compatibilidade com a proposta, tendo adequação da metodologia aos objetivos pretendido, de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013, item 3.4.1 - 4.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O risco que o projeto apresenta é caracterizado como o risco mínimo e estão adequadamente descritos, considerando que os indivíduos não sofrerão qualquer dano ou sofrerão prejuízo pela participação ou pela negação de participação na pesquisa e benefícios esperados. A avaliação dos Riscos e Benefícios estão de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, itens III; III.2 e V.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem estruturado, apresenta o tipo de estudo, número de participantes, critério de inclusão e exclusão, forma de recrutamento. As referencias bibliográficas são atuais, sustentam os

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
 Bairro: SAO PEDRO CEP: 36.036-900
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br


PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise de diferentes sistemas de lima única no preparo dos canais radiculares: estudo por microtomografia computadorizada

Pesquisador: Celso Neiva Campos

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 61915416.6.0000.5147

Instituição Proponente: FACULDADE DE ODONTOLOGIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.840.821

Apresentação do Projeto:

Apresentação do projeto esta clara, detalhada de forma objetiva, descreve as bases científicas que justificam o estudo, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, item III.

Objetivo da Pesquisa:

O Objetivo da pesquisa está bem delineado, apresenta clareza e compatibilidade com a proposta, tendo adequação da metodologia aos objetivos pretendido, de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013, item 3.4.1 - 4.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O risco que o projeto apresenta é caracterizado como o risco mínimo e estão adequadamente descritos, considerando que os indivíduos não sofrerão qualquer dano ou sofrerão prejuízo pela participação ou pela negação de participação na pesquisa e benefícios esperados. A avaliação dos Riscos e Benefícios estão de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, itens III; III.2 e V.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem estruturado, apresenta o tipo de estudo, número de participantes, critério de inclusão e exclusão, forma de recrutamento. As referências bibliográficas são atuais, sustentam os

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
 Bairro: SAO PEDRO CEP: 36.036-900
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br



Continuação do Parecer: 1.840.821

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_810674.pdf	27/10/2016 18:53:29		Aceito
Outros	declaracao_banco_de_dentes.jpg	27/10/2016 18:53:07	Carolina Oliveira de Lima	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	23/10/2016 21:29:17	Carolina Oliveira de Lima	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_coparticipante.jpg	23/10/2016 21:27:47	Carolina Oliveira de Lima	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	23/10/2016 21:19:31	Carolina Oliveira de Lima	Aceito
Declaração de Pesquisadores	confidencialdade_sigilo.pdf	23/10/2016 21:17:17	Carolina Oliveira de Lima	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	dispensa_tcle.pdf	23/10/2016 21:16:49	Carolina Oliveira de Lima	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_instituicao.jpg	23/10/2016 21:16:34	Carolina Oliveira de Lima	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JUIZ DE FORA, 28 de Novembro de 2016

Assinado por:
Vânia Lúcia Silva
(Coordenador)

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
 Bairro: SAO PEDRO CEP: 36.036-900
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@uff.edu.br

APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO

Thank you for your submission

Submitted to
Australian Dental Journal

Manuscript ID
ADJ-12-20-1001

Title
Evaluation the preparation of curved mesial canals by different single instrument systems: study by micro-C

Authors
Bellei, Michelle
de Lima, Carolina
Campos, Aloma
Prado, Maira
Lopes, Ricardo
Campos, Celso

Date Submitted
02-Dec-2020

Australian Dental Journal



Evaluation the preparation of curved mesial canals by different single instrument systems: study by micro-C

Journal:	<i>Australian Dental Journal</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Scientific Article
Keywords:	unprepared area, root canal, endodontic, dental pulp cavity, x-ray microtomography

SCHOLARONE™
Manuscripts

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1

Evaluation of the preparation of curved mesial canals by different single instrument systems: study by micro-CT

ABSTRACT

Background: This study aimed evaluate the percentage of unprepared area, canal transportation and centering ability after root canal preparation with Reciproc, Reciproc Blue and XP-endo Shaper systems in extremely curved mesial root canals with complete isthmus, by micro-CT.

Method: The teeth were scanned by micro-CT, before and after preparation, to analyze the variation in volume and surface area, apical transport and centralization of preparation and the percentage of untouched walls.

Results: In entire root canal and apical third, XP showed the lowest percentage of unprepared area (40.8% and 21%) when compared to Reciproc (70.7% and 53.1%) and Reciproc Blue (70.2% and 59.8%) ($P < 0.05$), no differences between the other groups ($P > 0.05$). Regarding centering ability, XP demonstrated a highest ability when compared to Reciproc Blue in 5 and 7 mm of MB root canal ($P < 0.05$), no difference between groups ($P > 0.05$).

Conclusion: XP-endo Shaper system demonstrated better results regarding percentage of unprepared areas and centering ability after root canal preparation.

Keywords: endodontic, dental pulp cavity, x-ray microtomography.

INTRODUCTION

The main objective of endodontic treatment is cleaning and shaping root canal system to provide an adequate root canal filling.¹ However, none of endodontic instruments were able to prepare completely the root canals, due to the complexity morphology, especially in mandibular molars with complete isthmus.^{2,3} These unprepared areas may harbor biofilms and pulp tissue remnants promoting an unsuccessful endodontic treatment.⁴ Therefore, endodontic instruments have undergone modifications in their design, kinematics and heat treatment of alloys trying to allow better root canal preparation and to maintain the original canal shape.

Reciproc Blue system (VDW, Munich, Germany) is a single reciprocating instrument, that is made of a heat treatment that results in a blue color due to a blue titanium oxide layer on the surface of the instrument, which provides better mechanical properties like fatigue resistance, flexibility and cutting efficiency^{5,6} when compared to Reciproc system, that was made from M-Wire alloy.

Recently, XP-endo Shaper system (FKG Dentaire SA, LaChaux-deFonds, Switzerland) was launched and consists of a single rotary instrument (30/#.01) made of MaxWire alloy that

1
2
3
4 improves superelasticity and shape memory and allows the instrument to expand when at body
5 temperature reaching #.04.^{7,8}
6

7
8 In order to provide a reliable analysis of root canal preparation, micro-computed
9 tomography (micro-CT) technique has been widely used due to it is a non-destructive technique,
10 that allows the evaluation of images pre and post root canal preparation and is able to analyze
11 the shaping ability outcomes.^{9,10}
12

13 Thus, this aim of this study was to evaluate the percentage of unprepared area, canal
14 transportation and centering ability after root canal preparation with Reciproc (VDW, Munich,
15 Germany), Reciproc Blue (VDW, Munich, Germany) and XP-endo Shaper (FKG Dentaire, La-
16 Chaux-de-Fonds, Switzerland) systems in extremely curved mesial root canals with complete
17 isthmus, by micro-CT analysis.
18
19
20
21
22

23 MATERIAL AND METHODS

24 Sample size calculation

25
26 The sample size was calculated based on results of unprepared area obtain by an anterior study.⁸
27 The F test family was used to perform the sample calculation with the ANOVA: Fixed effects,
28 omnibus, one-way test, in G*Power 3.1 software for Windows (Henrick Heine-Universität,
29 Düsseldorf, Germany). Considering an effect size of 3.29, with $\alpha = 0.05$ and 95% power,
30 eighteen samples ($n = 6$ per group) were indicated as the ideal size. Then, nine samples per
31 group ($n = 9$) were used to compensate possible sample loss.
32
33
34
35
36
37
38

39 Sample selection

40 This study was approved by local ethics committee (n. 1840.821). Twenty-seven mesial root
41 canals of mandibular molars out of a total of sixty, with completely formed apices were selected
42 for this study. The samples were initially selected based on degree of canal curvature ($> 30^\circ$)
43 according, Schneider classification.¹¹ Afterwards, the teeth were scanned in a micro-CT
44 (SkyScan 1173, Bruker, Kontich, Belgium) with 70 kV, 114 mA, at an isotropic resolution of
45 9.97 μm , 360° rotation around the vertical axis, rotation step of 0.5 using a 0.5 mm thick
46 aluminum filter. Then, the images were reconstructed with NRecon software (v1.6.1.0, Bruker,
47 micro-CT) with 50% of beam hardening correction, ring artifact correction of 5 and smoothing
48 of 1 resulting in 600-700 axial cross sections per sample.
49
50
51
52
53
54
55

56 Then, the tridimensional (3D) parameters (surface area and volume) of the root canals
57 were calculated using CTAn software (v.1.6.6.0, Bruker, micro-CT) and the 3D models were
58 created with CTvol (Bruker, micro-CT) software. Only teeth with one mesiobuccal, one
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

3

mesiolingual and anatomy of type $^2MnM M^{2-1}$ based on classification proposed by Ahmed *et al.*¹² were used. Mesial roots had root canals with type V isthmus, according described by Hsu & Kim.¹³

Afterwards, nine trio-matched teeth were selected based on similar initial surface area, volume and degree of curvature to compose experimental groups.

Root canal preparation

The traditional endodontic access cavities were performed with a diamond bur (1012, KG Sorensen, São Paulo-SP, Brazil) and Endo Z burs (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland). Then, root canals were negotiated with a size 8 and 10 K-file (Dentsply Sirona) until its tip was visualized on apical foramen. The working length (WL) was established 1.0 mm shorter. The apical foramen was sealed with Top Dam (FGM, Santa Catarina-SC, Brazil) to create a close-end system.

The glide path was performed with sizes #.13, #.16 and #.19 PathFile instruments (Dentsply Sirona) in a VDW Silver motor (VDW GmbH, Munich, Germany) with 300 rpm in all mesial root canals until WL. A size 10 K-file was used to maintain patency after an instrument was removed from the root canals.

Then, the root canals were matched into three groups (n = 9) according the system used during root canal preparation: Reciproc (VDW, Munich, Germany), Reciproc Blue (VDW, Munich, Germany) and XP-endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland):

Reciproc group

The mesiobuccal (MB) and mesiolingual (ML) root canals were prepared with Reciproc R25 (25/#.08) instrument that was driven with the VDW Silver motor (VDW GmbH, Munich, Germany) in a reciprocating motion "Reciproc All". The root canal preparation was performed with a slight apical pressure and "in-and-out" pecking motion with an amplitude of approximately 3 mm until the WL was reached. After three pecking motions, the instrument was removed from the canal cleaned with sterile gaze and reintroduced. This procedure was repeated for three cycles.

Reciproc Blue group

The root canal preparation was performed with the same protocol described previously for RCP group. The only difference was the use of instrument with heat treatment (Reciproc Blue R25).

XP-endo Shaper (XP) group

The XP-endo Shaper instrument (30/#.04 when expanded) was operated in the VDW Silver motor at 800 rpm and 1 N.cm according manufacture's recommendation. Initially, the instrument was used with five gentle up-and-down long movements up to WL. Then, the instrument was removed from the canal, cleaned with sterile gaze and reintroduced. Afterwards, ten more up-and-down movements were applied until the WL.

A single operator, with ten years of experience in endodontics performed the root canal procedures. To achieve XP-endo Shaper phase transformation, the teeth, instruments and irrigation solution were kept in a water bath at 37°C in a temperature-controlled immersion tank to simulate the clinical conditions.

Each instrument was used in a single tooth and then discarded. In all groups, the root canals were irrigated with 5 mL of 5.25% sodium hypochlorite (NaOCl) (30 seconds/mL) with a 30 G NaviTip needles (Ultradent Products Inc; South Jordan, UT, USA) inserted up to 2 mm from the WL. The final irrigation was performed with 3 mL of 17% ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and 5 mL of 5.25% NaOCl. Then, all root canals were dried with absorbent paper points and the samples were submitted to micro-CT scanning.

Micro-CT analysis

After root canal preparation, the teeth were rescanned and reconstructed with the same parameters as previously described. The image slices from each sample after root canal preparation were registered with their respective preoperative images with the affine algorithm at 3D Slicer 4.4.0 software.¹⁴

The surface area (mm²) and volume (mm³) of root canal before and after root canal preparation was calculated with ImageJ software (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA). The percentage of unprepared root canal area was calculated by the number of static voxels (voxels present in the same position on the canal surface before and after instrumentation) divided by the total number of voxels present on the root canal surface,¹⁵ following the formula:

$$\frac{\text{number of static voxels} \times 100}{\text{total number of surface voxels}}$$

Canal transportation and centering ability were performed at three levels (3, 5 and 7 mm from the apex), using the formulas:¹⁶

$$\text{Canal transportation: } (m1 - m2) - (d1 - d2)$$

$$\text{Canal centering ability: } \frac{(m1 - m2)}{(d1 - d2)} \text{ OR } \frac{(d1 - d2)}{(m1 - m2)}$$

m1 was considered the shortest distance from the mesial surface to the mesial of unprepared root canal, m2 was the shortest distance from the mesial surface to the mesial of prepared root canal, d1 was the shortest distance from the distal surface to the distal of unprepared root canal, and d2 was the shortest distance from the distal surface to the distal of prepared root canal according described previously.^{16,17}

The CTvol software (v 1.6.6.0, Bruker, Micro-CT) was used to provide three-dimensional images before (green) and after (red) root canal preparation, allowing visualization of the unprepared area.

Statistical analysis

The statistical analysis was performed with the BioStat software (Analyst Soft Walnut, CA, USA) and a significance level of 5%. The normality of the data was verified using the Shapiro-Wilk test ($P > 0.05$). The surface area, root canal volume before and after root canal preparation and percentage of unprepared area were evaluated with one-way analysis of variance (ANOVA) with the post hoc test (lower significant difference), in order to test the difference among groups.

Canal transportation analysis was performed using normal regression models,¹⁸ while centering ability was analyzed using inflated Beta 0-1 regression models.¹⁹

RESULTS

The degree of homogeneity among the groups was confirmed by calculation the volume and surface area after initial micro-CT scanning ($P > 0.05$). The data of surface area, volume and unprepared area of entire and apical third of root canal were described at Tab 1.

In entire root canal and apical third, XP group showed the lowest percentage of unprepared area (40.8% and 21%, respectively) when compared to Reciproc (70.7% and 53.1%) and Reciproc Blue (70.2% and 59.8%) groups ($P < 0.05$), however there was no difference between Reciproc and Reciproc Blue groups ($P > 0.05$) (Tab. 1). Fig. 1 shows the 3D reconstruction models of samples before (green) and after (red) root canal preparation with the tested systems.

Regarding the canal transportation, there was verified highest values of canal transportation at 3 mm from apex when compared with 5 mm and 7 mm levels ($P < 0.05$). However, no difference was found among the tested groups ($P > 0.05$).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Regarding the canal centering ability, no difference was found among the 3, 5 and 7 mm levels ($P > 0.05$). XP group demonstrated a highest centering ability when compared to Reciproc Blue group in 5 and 7 mm of MB root canal ($P < 0.05$). However, there was no difference between Reciproc and Reciproc Blue groups ($P > 0.05$) or between XP and Reciproc group ($P > 0.05$) (Tab. 2).

DISCUSSION

Mandibular molars have a great morphological variability and y represent a significant clinical challenge due to presence of isthmus and apical ramifications.⁹ Therefore, in the present study, micro-CT technique was used to select only mesial root of mandibular molars with isthmuses type V (complete isthmus).¹³ This morphology was selected due to the high prevalence²⁰ and the challenge to perform a proper cleaning and root canal preparation.⁹ Afterwards, the homogeneity among the groups was confirmed statistically based on initial surface area and volume of root canals (baseline parameters) ($p > 0.05$), which provides a reduced anatomical bias.²¹

The unprepared areas of root canals may be colonized by biofilms and may cause a persistent infection, which may compromise the success of endodontic treatment.⁴ The first results of this study demonstrated that XP group (40%) showed the lowest percentage of unprepared area when compared to Reciproc (70.7%) and Reciproc Blue (70.2%) groups, in entire and apical third of root canal ($P < 0.05$), which not corroborates with previous studies that demonstrated no difference between these systems.^{22,23} These differences could be due to the root canal morphology used in the present study, mesial roots of mandibular molars with severe curvature and complete isthmus, which increases clinical challenge⁴ and could explain the high values of unprepared area in the present study. The presence of a complete isthmus makes it difficult to prepare the root canals, which can probably be reduced with XP-endo Shaper system, that can change it shapes at body temperature and adapt to root canal morphology, accessing the isthmus areas and promoting less unprepared areas.⁸

In the present study, no difference was found between Reciproc and Reciproc Blue systems regarding percentage of unprepared area, which are in line with previous studies.^{24,25} This similarity is probably due to the same design like cross section, tip and taper.²⁴

Transportation is defined as the deviations the prepared root canal presents in comparison to its original natural axis, and centering ability stands for the ability for instruments to remain centered within the root canal.¹⁶ In the present study, canal transportation was higher at 3 mm 3 from apex when compared with 5 mm and 7 mm levels ($P < 0.05$). However, no

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

7

difference was found among the tested groups ($P > 0.05$), which not corroborates with an anterior study²⁶ that demonstrated that XP-endo Shaper had a less apical transportation when compared to Reciproc groups. This difference could be explained due to Pacheco-Yanes *et al.*²⁶ evaluated resin curved blocks with a superposition method with digital images, while the present study evaluated human mandibular molars with micro-CT analysis, which is the most accurate method to evaluate canal transportation.²⁷ Moreover, no difference was found between Reciproc groups ($P > 0.05$), which are in line with previous studies.^{24,28,29}

Regarding the canal centering ability, XP group demonstrated a more centralized preparation when compared to Reciproc Blue group in 5 and 7 mm of MB root canal ($P < 0.05$), similar to an anterior study (26). The differences of tip and taper sizes between XP (30/#.04) and Reciproc systems (25/#.07) can influence the centering ability.^{30,31} Moreover, XP is made with MaxWire® alloy that expand and contract to adapt to the root canal system and it is more flexible and resistant to cyclic fatigue, according to the manufacturer.

The evaluation of root canal preparation by different systems using micro-CT technique allows precise results as it is a gold standard method. Based on the results of the present study, XP-endo Shaper system demonstrated better results than Reciproc and Reciproc Blue systems, probably due to this capacity to expand and contract when in contact to body temperature, reducing the unprepared areas.

CONCLUSION

XP-endo Shaper system demonstrated better results than Reciproc and Reciproc Blue systems, regarding percentage of unprepared areas and centering ability after root canal preparation.

CONFLICT OF INTEREST

The authors have stated explicitly that there are no conflicts of interest in connection with this article.

REFERENCES

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18:269-296.
2. Kim S, Jung H, Kim S, Shin SJ, Kim E. The influence of an isthmus on the outcomes of surgically treated molars: a retrospective study. *J Endod* 2016;42:1029-1034.
3. Keleş A, Keskin C. A micro-computed tomographic study of band-shaped root canal isthmuses, having their floor in the apical third of mesial roots of mandibular first molars. *International*

- 1
2
3 Endodontic Journal 2018;51:240-246.
4
5 4. Siqueira JF JR, Pérez AR, Marceliano-Alves MF, *et al.* What happens to unprepared root canal
6 walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron
7 microscopy. *Int Endod J* 2018;51:501-518.
8
9 5. Lopes HP, Gambarra-Soares T, Elias CN, *et al.* Comparison of the mechanical properties of rotary
10 instruments made of conventional nickel-titanium, M-Wire, or nickel-titanium alloy in R-phase. *J*
11 *Endod* 2013;39:516-520.
12
13 6. De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT, *et al.* Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue
14 resistance and flexibility of the Reciproc files. *J Endod* 2017;43:462-466.
15
16 7. Azim AA, Piasecki L, da Silva Neto UX, Cruz ATG, Azim KA. XP Shaper, a novel adaptive core
17 rotary instrument: micro-computed tomographic analysis of its shaping abilities. *J Endod*
18 2017;43:1532-1538.
19
20 8. Lacerda M, Marceliano-Alves MF, Perez AR, *et al.* Cleaning and shaping oval canals with 3
21 instrumentation systems: a correlative micro-computed tomographic and histologic study. *J Endod*
22 2017;43:1878-1884.
23
24 9. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J*
25 *Endod* 2004;30:559-567.
26
27 10. Paqué F, Peters OA. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root
28 canals in mandibular molars with the self-adjusting file. *J Endod* 2011;37: 517-521.
29
30 11. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root. *Oral Surgery, Oral*
31 *Medicine, Oral Pathology* 1997;32:271-275.
32
33 12. Ahmed HMA, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH. A new system for classifying root and
34 root canal morphology. *Int Endod J* 2017;50:761-770.
35
36 13. Hsu YY, Kim S. The resected root surface. The issue of canal isthmi. *Dent Clin North Am*
37 1997;41:529-540.
38
39 14. Fedorov A, Beichel R, Kalpathy-Cramer J, *et al.* 3D Slicer as an image computing platform for the
40 Quantitative Imaging Network. *Mag Reson Imaging* 2012;30: 1323-1341.
41
42 15. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJ, *et al.* Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas
43 with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J* 2015;26:624-629.
44
45 16. Gambill JM, Alder M, Del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless-steel hand-file
46 instrumentation using computed tomography. *J Endod* 1996;22:369-375.
47
48 17. Silva EJNL, Pacheco PT, Pires F, *et al.* Microcomputed tomographic evaluation of
49 canal transportation and centring ability of ProTaper Next and Twisted File Adaptive
50 systems. *J Endod* 2017;50:694-699.
51
52 18. Gardiner JC, Luo Z, Roman LA. Fixed effects, random effects and GEE: what are the differences?
53 *Stat Med* 2009;28:221-239.
54
55 19. Ospina R, Ferrari SL. Inflated beta distributions. *Stat Papers* 2010;23:111-126.
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

9

20. de Pablo OV, Estevez R, Peix Sanchez M, *et al.* Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. *J Endod* 2010;36:1919-1931.
21. De-Deus G, Simões-Carvalho M, Belladonna FG, *et al.* Arrowhead design ultrasonic tip as a supplementary tool for canal debridement. *Int Endod J* 2020;53:410-420.
22. Zhao Y, Fan W, Xu T, Tay FR, Gutmann JL, Fan B. Evaluation of several instrumentation techniques and irrigation methods on the percentage of untouched canal wall and accumulated dentine debris in C-shaped canals. *Int Endod J* 2019;52:1354-1365.
23. Lima CO, Barbosa AFA, Ferreira CM, *et al.* The impact of minimally invasive root canal preparation strategies on the ability to shape root canals of mandibular molars. *J Endod* 2020;1-9. doi:10.1111/iej.13384.
24. Belladonna FG, Carvalho MS, Cavalcante DM, *et al.* Micro-computed Tomography Shaping Ability Assessment of the New Blue Thermal Treated Reciproc Instrument. *J Endod* 2018;44:1146-1150.
25. Filizola de Oliveira DJ, Leoni GB, da Silva Goulart R, *et al.* Changes in geometry and transportation of root canals with severe curvature prepared by different heat-treated nickel-titanium instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod* 2019;45:768-773.
26. Pacheco-Yanes J, Gazzaneo I, Pérez AR, Armada L, Neves MAS. Transportation assessment in artificial curved canals after instrumentation with Reciproc, Reciproc Blue, and XP-endo Shaper Systems. *J Investig Clin Dent* 2019;10:12417.
27. Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YC, Mazzi-Chaves JF, *et al.* Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review. *Braz Oral Res* 2018;32:66.
28. Bürklein S, Flüch S, Schäfer E. Shaping ability of reciprocating single-file systems in severely curved canals: WaveOne and Reciproc versus WaveOne Gold and Reciproc blue. *Odontology* 2019;107:96-102.
29. Hage W, Zogheib C, Bukiet F, *et al.* Canal transportation and centring ability of reciproc and reciproc blue with or without use of glide path instruments: a CBCT study. *Eur Endod J* 202;5:118-122.
30. Bürklein S, Poschmann T, Schäfer E. Shaping ability of different nickel-titanium systems in simulated S-shaped canals with and without glide path. *J Endod* 2014;40:1231-1234.
31. Saleh AM, Vakili Gilani P, Tavanafar S, Schafer E. Shaping ability of 4 different single-file systems in simulated S-shaped canals. *J Endod* 2015;41:548-552.

Tables

Table 1 Mean and standard deviation parameters before and after root canal preparation and percentages of unprepared area.

Groups	Initial volume (mm ³)	Final volume (mm ³)	Initial surface area (mm ²)	Final surface area (mm ²)	Unprepared area (%)
Reciproc	1.11 ± 0.65	1.32 ± 0.70	15.75 ± 6.21	19.60 ± 8.62	70.7
Reciproc Blue	0.97 ± 0.55	1.26 ± 0.60	16.28 ± 5.01	22.35 ± 5.90	70.2
XP-endo Shaper	1.14 ± 0.60	1.37 ± 0.53	17.41 ± 6.26	29.45 ± 24.45	40.8

Table 2 Mean and standard deviation of canal transportation (mm) and canal centering ability in three levels (3, 5 and 7 mm from the apical foramen) evaluated in each root canal (MB, ML) in RCP, RCPB and XP groups.

Level/root canal	Parameters	Reciproc	Reciproc Blue	XP-endo Shaper
3 mm/MB	Apical transportation	0.23 ± 0.12 ^A	0.20 ± 0.14 ^A	0.100 ± 0.12 ^A
	Centering ability	0.35 ± 0.13 ^A	0.41 ± 0.29 ^A	0.505 ± 0.32 ^A
3 mm/ML	Apical transportation	0.20 ± 0.14 ^A	0.17 ± 0.13 ^A	0.198 ± 0.14 ^A
	Centering ability	0.49 ± 0.31 ^A	0.42 ± 0.32 ^A	0.408 ± 0.29 ^A
5 mm/MB	Apical transportation	0.19 ± 0.11 ^A	0.24 ± 0.14 ^A	0.093 ± 0.09 ^A
	Centering ability	0.44 ± 0.27 ^A	0.36 ± 0.29 ^B	0.497 ± 0.37 ^A
5 mm/ML	Apical transportation	0.19 ± 0.08 ^A	0.23 ± 0.15 ^A	0.237 ± 0.14 ^A
	Centering ability	0.44 ± 0.18 ^A	0.39 ± 0.31 ^A	0.361 ± 0.29 ^A
7 mm/MB	Apical transportation	0.23 ± 0.23 ^A	0.27 ± 0.20 ^A	0.128 ± 0.14 ^A
	Centering ability	0.45 ± 0.28 ^A	0.39 ± 0.35 ^B	0.522 ± 0.28 ^A
7 mm/ML	Apical transportation	0.26 ± 0.21 ^A	0.22 ± 0.16 ^A	0.273 ± 0.20 ^A
	Centering ability	0.44 ± 0.32 ^A	0.42 ± 0.35 ^A	0.388 ± 0.35 ^A

Different superscript letters in the same row indicate significant statistical differences in centering ability or canal transportation in the tested groups ($P < 0.05$).

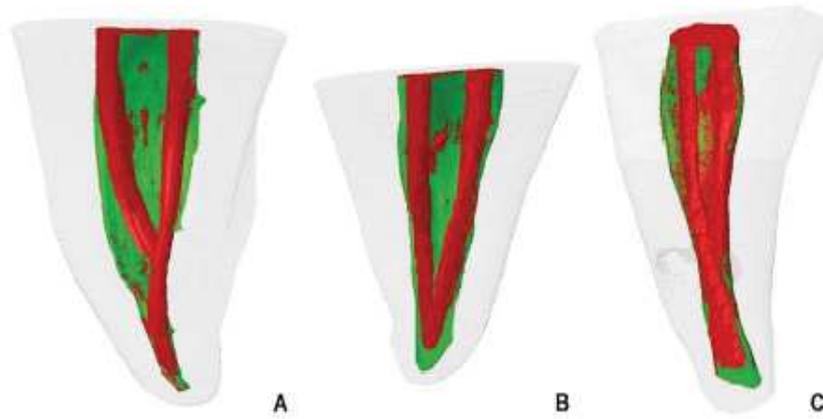
Figure Legends

Figure 1 3D models of teeth of each group before (green) and after (red) root canal preparation with (A) Reciproc, (B) Reciproc Blue and (C) XP-endo Shaper.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Review Only